

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Ostrava 2011

Bc. Jan Farmačka

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

Návrh obnovy vozidlového parku dopravní firmy

**Proposal of Transportation Company Vehicle Fleet
Recovery**

Student:

Bc. Jan Farmačka

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jana Míková, Ph.D.

Ostrava 2011

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jan Farmačka**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T003 Dopravní technika a technologie
Specializace: 20 Silniční doprava
Téma: **Návrh obnovy vozidlového parku dopravní firmy**
Proposal of Transportation Company Vehicle Fleet Recovery

Zásady pro vypracování:

Analýza současného stavu stáří vozidel, výpočet optimální doby života silničních vozidel a návrh způsobu obnovy vozidlového parku.

Osnova:

1. Úvod.
2. Charakteristika firmy.
3. Metodika stanovení horní hranice pro vyřazení vozidla.
4. Analýza vozidlového parku.
5. Výpočet optimální doby životnosti.
6. Návrh způsobu obnovy vozidlového parku.
7. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

- Daněk, A., Široký, J., Famfulík, J.: Výpočetní metody obnovy dopravních prostředků. Ostrava: VŠB – TU Ostrava. 2000. SBN 80-86122-41-7.
- Daněk, A., Široký, J.: Teorie obnovy dopravních prostředků. Ostrava: VŠB – TU Ostrava. 1998. ISBN 80-7078-568-3.
- ČSN IEC 300-3-3 (01 0690). Analýza nákladů životního cyklu. Praha: Český normalizační institut. 1997.
- Daněk, A., Bronček, M., Janošec, J., Jurák, J.: Opravárenství silničních vozidel. Ostrava: VŠB – TU Ostrava. 2002. ISBN 80-7078-779-1.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jana Míková, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011



doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.
vedoucí katedry

prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

Dopravní podnik Ostrava souhlasí se uveřejněním dat v mé diplomové práci.

V Ostravě 23.5. 2011

Bc. Jan Fermoška
podpis studenta

Prohlašuji že,

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v elektronické podobě v Ústřední knihovně VŠB – TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 23. 5. 2011

Farmačka

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Jan Farmačka

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Budovatelů 57/993

735 64 Havířov – Prostřední Suchá

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

FARMAČKA, J. *Návrh obnovy vozidlového parku dopravní firmy: diplomová práce.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2011, 114 s. Vedoucí práce: Míková, J.

Diplomová práce se zabývá obnovou vozidlového parku dopravní společnosti. V úvodní části je popsána charakteristika dopravní firmy DPO a.s. s pojmy souvisejícími s náklady životního cyklu vozidel a nastavení metodiky výpočtu horní hranice pro vyřazení vozidla (autobusu).

V hlavní části je zpracována analýza vozidlového parku s výpočtem optimální doby vyřazení vozidla.

V závěrečné části diplomové práce je provedeno ekonomické zhodnocení s návrhem obnovy vozidel.

ANNOTATION OF THESIS

FARMAČKA, J. *Proposal of Transportation Company Vehicle Fleet Recovery: Master Thesis.* Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transport, 2011, 114 p. Thesis head: Míková, J.

This thesis deals with the renewal of rolling stock for transport companies. The introductory section describes the characteristics of the transport company DPO a.s. with the concepts related to life cycle costs of vehicles and setting methodology for calculating the upper limit for the removal of a vehicle (bus).

The main part deals with the analysis of rolling stock to the calculation of the optimal time for removal of a vehicle.

In the final part of the work is done with the draft economic evaluation of the recovery vehicle.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	9
0 Úvod	11
1 Charakteristika firmy	12
2 Metodika stanovení horní hranice pro vyřazení vozidla	13
2.1 Spolehlivost a životní cyklus vozidel	13
2.2 Využití metody exponenciálních trendů	17
2.3 Stanovení intervalu vyřazení autobusu	19
2.3.1 Normální rozdělení	19
2.3.2 Studentovo t rozdělení	23
2.3.3 Bodový a intervalový odhad	24
3 Analýza vozidlového parku	30
4 Výpočet optimální doby životnosti	32
4.1 Úprava dat pro metodu exponenciálních trendů	32
4.2 Náklady na údržbu autobusu	33
4.3 Hodnota autobusu odvozená od pořizovací ceny	35
4.4 Přepočet pořizovací ceny na stálou cenu	35
5 Výpočet	40
5.1 Výpočet optimální doby pro vyřazení autobusu typu Karosa B 961	40
6 Návrh obnovy vozidlového parku	45
6.1 Prodej autobusů	45
6.2 Nákup nových autobusů	47
6.3 Srovnání nákupu z prostředků firmy, s přispěním dotací a na leasing	48
6.4 Srovnání nákupu z prostředků firmy, s přispěním dotací a na leasing	50
7 Závěr	55
8 Seznam obrázků, tabulek a grafů	56
9 Seznam použité literatury	58
10 Seznam příloh	59

Seznam použitých značek a symbolů

MHD	– Městská hromadná doprava
DPO a.s.	– Dopravní podnik Ostrava a.s.
LCC	– Life Cycle Cast – náklady životního cyklu
λ	– střední intenzita poruch
\bar{X}	– aritmetický průměr
A	– amplituda udržovacích nákladů [Kč]
C	– pořizovací cena [Kč]
D(T)	– rozptyl
E(T)	– střední hodnota
F(t)	– distribuční funkce
f(t)	– hustota pravděpodobnosti normálního rozdělení
i_i	– index cen průmyslových výrobců v i-tém roce [%]
i_{i-1}	– index cen průmyslových výrobců v předchozím roce [%]
k_{ef}	– přepočítávací koeficient
N	– normální rozdělení
n	– počet vzorků
N(t)	– hodnota objektu v závislosti na čase (t) [Kč]
N_c(t)	– celková hodnota objektu v závislosti na čase
N_p	– pořizovací náklady
N_P	– původní pořizovací cena [Kč]
N_{Pef}	– přepočítaná pořizovací cena [Kč]
N_u(t)	– náklady na údržbu objektu v závislosti na čase (t) [Kč]
N_v	– vlastnické náklady
N_Z	– původní zůstatková hodnota [Kč]
N_{Zef}	– přepočítaná zůstatková hodnota [Kč]
p_i	– meziroční nárůst ceny [%]
R(t)	– pravděpodobnost bezporuchového stavu
RS	– rok stanovení přepočtené hodnoty
RV	– rok pořízení vozidla
s	– výběrová směrodatná odchylka
t	– čas
T	– náhodná veličina

$T(X)$	– výběrová směrodatná odchylka
t_0	– parametr měřítka [h]
$t_{1-\alpha, n-1}$	– hodnota distribuční funkce studentova rozdělení
t_c	– celková doba stáří objektu [roky]
T_D	– dolní mez
T_H	– hledaný horní odhad
T_H	– horní mez
t_p	– doba provozu [h]
T_s	– průměrná doba optimálních životností skupiny uvažovaných objektů [roky]
$\overline{T_{z\ opt}}$	– aritmetický průměr z $T_{z\ opt}$
$t_{z\ opt}$	– optimální doba životnosti dopravního prostředku
V	– náhodná veličina, má χ^2 - rozdělení s ν stupni volnosti
x_i	– doba optimální životnosti pro určité vozidla [roky]
Z	– náhodná veličina, má normované normální rozdělení
z_p	– kvantil normálního rozdělení
α	– koeficient rychlosti poklesu zůstatkové ceny [-]
β	– koeficient rychlosti nákladů na údržbu [-]
θ	– neznámý parametr
μ	– střední hodnota
σ	– směrodatná odchylka náhodné veličiny
ν	– stupně volnosti
$\Phi(t)$	– distribuční funkce
$\varphi(t)$	– hustota pravděpodobnosti
χ^2	– chi kvadrát

0 Úvod

Vyřazení vozidla v optimálním čase může ušetřit dopravní společnosti značné náklady na údržbu vozidla. Vozidla se vyřadí prakticky v době, kdy je jejich celková hodnota minimální. Ta je tvořena zůstatkovou hodnotou vozidla a hodnotou dílů do vozidla vložených. Z toho vyplývá, že následující růst celkové hodnoty vozidla je tvořen stále se zvyšujícími náklady na údržbu v provozuschopném stavu. Optimálnímu vyřazení vozidla z provozu se těmito nákladům vynaloženým na víc vyhneme. Sice je třeba investovat do pořízení nového vozidla, ale jeho náklady na údržbu a provoz budou několikanásobně nižší než náklady na údržbu stávajících vozidel.

Cílem práce je zanalyzovat současný stav vozidlového parku dopravní společnosti, vypočítat optimální dobu života vozidla a navrhnout optimální čas obnovy vozidlového parku společnosti. Řešená vozidla jsou autobusy Dopravního podniku Ostrava a.s. K určení optimálního času vyřazení autobusů použiji metodu exponenciálních trendů.

1 Charakteristika firmy

Dopravní podnik Ostrava a.s.

Městskou hromadnou dopravu v Ostravě provozuje akciová společnost Dopravní podnik Ostrava. Zakladatelem této společnosti, která je posledním pokračovatelem dopravců ve více než stoleté historii hromadné dopravy v našem regionu, je Statutární město Ostrava. Bohaté zkušenosti a potřeba udržet dobrou tradici MHD jsou pro vedení dopravního podniku hnacím motorem k udržování trvale dobrých a kvalitních služeb pro cestující.

Obor činnosti:

Poskytování služeb městské hromadné dopravy ve Statutárním městě Ostravě a přilehlém území (tramvajové, trolejbusové a autobusové), projektování, výstavba, údržba a opravy dopravní cesty, údržba, opravy a modernizace dopravních prostředků, montáž tramvají a trolejbusů, projektování dopravní obsluhy území, výcvik řidičů, prodej reklamy.

Základní údaje k 31. 12. 2010

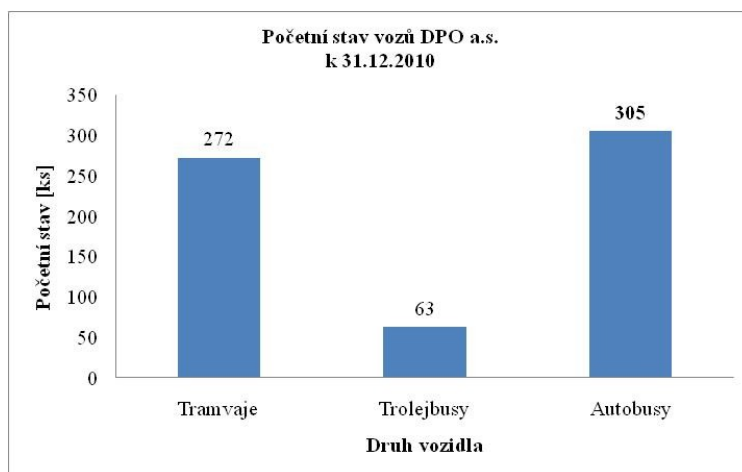
VOZIDLOVÝ PARK

tramvaje: 272

trolejbusy: 63

autobusy: 305

Celkem: 640 vozidel



Graf 1 - Početní stav vozů DPO a.s.

V mé diplomové práci jsou zpracovány pouze autobusy.

2 Metodika stanovení horní hranice pro vyřazení vozidla

2.1 Spolehlivost a životní cyklus vozidel

Ekonomický tlak působící v důsledku konkurenčního prostředí mezi druhy doprav, vede management společností k nutnosti nahlížet na problematiku hospodaření s vozidly z dlouhodobého hlediska. Celoplošným a dlouhodobým sledováním přepravní kapacity cestujících a rozsahem jejich přepravy, je dopravce nucen obnovovat, případně rozšiřovat, vozidlový park dle požadované kapacitní nabídky. Posuzují se náklady spojené s pořízením vozidla, jeho provozem, opravami, údržbou i likvidací. Tento pohled je znám pod pojmem náklady životního cyklu (LCC – Life Cycle Cost), viz obrázek 1. Nutnost hledání ekonomických úspor vedlo výrobce a provozovatele vozidel rozpracovat a analyzovat životní cyklus na jednotlivé etapy. Tyto etapy nejsou vzájemně izolovány, ale představují logicky navazující oblasti.

Základní podmínky hodnocení LCC:

- orientační doba provozu vozidla delší než jeden rok.
- náklady na pořízení vozidla představují menší část celkových nákladů na vozidlo.

Z těchto podmínek je patrné, že železniční a silniční vozidla, vzhledem k dlouhé době provozního nasazení, je možné posuzovat z pohledu nákladů životního cyklu.

Etapy a náklady životního cyklu vozidel

Pro výrobce ale i uživatele je důležité stanovit, ve které etapě se konkrétní výrobek nachází. Je proto nutné použít exaktní metody stanovení etap životního cyklu vozidla, které vycházejí ze sledování a hodnocení změny některých jakostních parametrů, například průběhu intenzity poruch. Předčasná nebo naopak opožděná likvidace výrobku má vždy za následek ekonomické, někdy i velké hmotné ztráty.

Život výrobku (vozidla) lze rozdělit na šest etap [Vintr, 1998]:

1. Etapa koncepce a stanovení požadavků.
2. Etapa návrhu a vývoje.
3. Etapa výroby.
4. Etapa uvedení do provozu.
5. Etapa provozu.
6. Etapa likvidace.

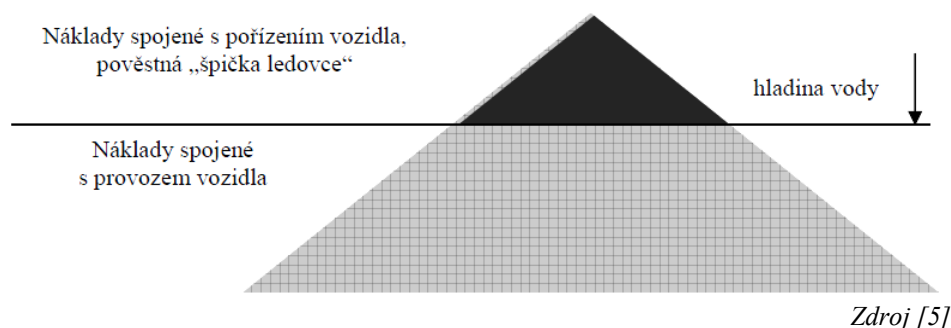
Náklady životního

$LCC = N_p + N_v$ (LCC – life cycle cost)

Kde:

N_p – pořizovací náklady vlastníka vozidla (cena vozidla), jsou tvořeny náklady na 1. až 4. etapu. Jsou obecně zřejmé, lze je vyhodnotit před rozhodnutím o pořízení vozidla.

N_v – vlastnické náklady, jsou tvořeny náklady na provoz, údržbu, opravy a likvidaci vozidla. Tvoří hlavní skupinu nákladových položek LCC, nejsou však tak dobře „viditelné“, obtížně se odhadují, nese je především uživatel vozidla.



Obrázek 1 - Ilustrace dělbý nákladů LCC

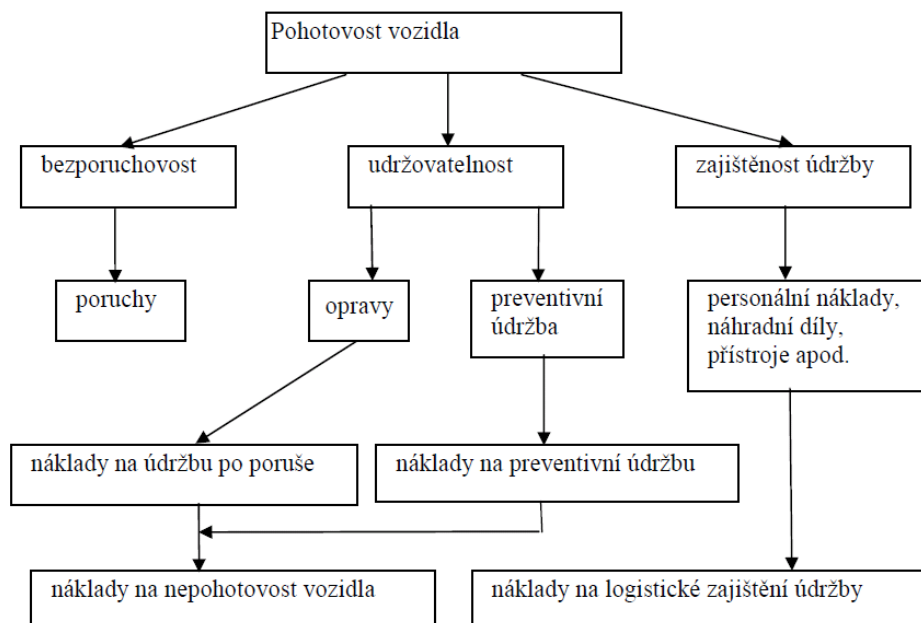
Odhad LCC se provádí rozčleněním na jednotlivé nákladové položky (model LCC s výčtovou strukturou). Při odhadu položek se systematicky postupuje v těchto krocích:

1. rozčlenění vozidla na konstrukční části, skupiny, podskupiny, případně součásti.
2. rozčlenění na jednotlivé etapy životního cyklu, tj. na doby životního cyklu, kdy se má práce, činnost provést.
3. zařazení nákladů do kategorií, tj. např. náklady na pracovní sílu, materiál, energii, režie.
4. sestavení a posouzení různých variant uspořádání vozidla, vyhodnocením je například ovlivněno rozhodnutí nakoupit díl nebo sami díl vyrobit.

Nákladové položky ve vztahu k spolehlivosti vozidla jsou: (viz obrázek 2)

- **náklady na nepohotovost**, jsou spojené se ztrátou funkce vozidla během jeho nepohotovosti, tj. doba, kdy je vozidlo v poruše.
- **záruční náklady**, dodavatel na základě smluvního ujednání provádí servis po dobu záruky. Náklady se promítnou do vyšší pořizovací ceny vozidla,

- **náklady z odpovědnosti za škodu způsobenou vadou vozidla**, vzniklé např. v důsledku zranění osob, poškození životního prostředí, velké materiální ztráty.



Zdroj [5]

Obrázek 2 - Schéma nákladů na spolehlivost

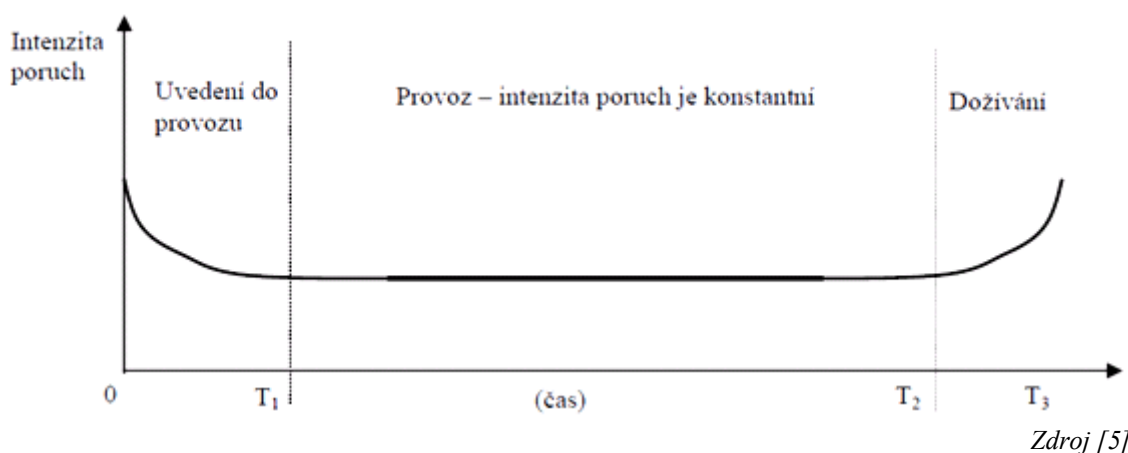
V důsledku poznání fází životního cyklu vozidel vyvodili výrobci i provozovatelé vozidel závěry, směřující k potřebě vědeckého zkoumání vlivu řízení, na náklady životního cyklu. Analýza celkových nákladů nevychází pouze z objektivně zjistitelných veličin, je ovlivněna i obtížně předvídatelnými okolnostmi, jako jsou výkyvy v cenách energií, cenách pracovních sil, inflace atd. Náklady spojené s pořízením vozidla tvoří pouze jednu část nákladů životního cyklu. Z tohoto hlediska je nutné přistupovat k nákladovému členění s jistou opatrností představující posouzení míry nejistot a rizik.

Identifikace etap životního cyklu vozidel

Identifikace etap životního cyklu vozidla vychází z poznání, že jakostní znak tj. intenzita poruch, se mění v souvislosti s využíváním vozidla. Míru využívání vozidla je nutné popsat vhodným výkonovým parametrem, např. dobou provozu nebo kilometrickým průběhem. Průběh intenzity poruch umožňuje postihnout dobu fyzické existence vozidla, kdy je možné statistickými metodami sledovat a posuzovat výskyt poruch.

Intenzita poruch je definována [Daněk, 1999] jako přírůstek porouchaných výrobků v malém časovém intervalu dt následujícím po čase t k počtu zatím neporouchaných výrobků do času t .

Empirické vyjádření intenzity poruch: počet poruch za jednotku času. Nejznámějším vyjádřením průběhu života vozidla je vanová křivka, typický průběh vanové křivky (viz obrázek 3). Vanová křivka ukazuje dobu fyzického života vozidla, tj. záběh, provoz v ustáleném režimu a etapu dožívání.



Obrázek 3 - Ilustrace průběhu intenzity poruch - vanová křivka

- **interval $<0, T_1>$** je období časných poruch (záběh), intenzita poruch postupně klesá a spolehlivost vozidla se zlepšuje. V této fázi života se projevují nedostatky způsobené chybami v konstrukci a při výrobě. Tyto skryté nedostatky se při provozním zatížení rychle projeví vznikem poruch. U vyzrálých konstrukcí, sériově nebo hromadně vyráběných výrobků, tato fáze téměř zaniká.
- **interval $<T_1, T_2>$** je období normálního života (provoz), intenzita poruch se ustálí na přibližně konstantní hodnotě, využívá se inherentní spolehlivost vozidla, poruchy vznikají působením náhodných událostí. Tato etapa života je nejdelší a uplatněním vhodného systému údržby nabízí možnost značných úspor.
- **interval $<T_2, T_3>$** je období dožívání a likvidace. Vlivem opotřebení a dalších faktorů, jako koroze, únavové jevy, intenzita poruch začne stoupat, vozidlo vykazuje častější vznik poruch. V jistém okamžiku je zpravidla ekonomicky, ale i technicky neúnosný další provoz a vozidlo fyzicky je zlikvidováno. [5]

2.2 Využití metody exponenciálních trendů

Stanovení optimální doby života vozidla:

K výpočtu optimální životnosti autobusů bude použito metody exponenciálních trendů. Pro výpočet bylo nutné shromáždit velké množství dat týkajících se nákladů na provoz a údržbu těchto vozidel.

Popis metody exponenciálních trendů

Metoda exponenciálních trendů je vhodná pro objekty, na kterých se provádí údržba a opravy výměnným způsobem, tedy je měněno vždy určité množství prvků nebo celků uvažovaného systému v určitém období. Tato skutečnost má za následek charakteristický průběh ceny uvažovaných objektů ve tvaru klesající exponenciály:

$$N(t) = C \cdot e^{-\alpha t_c} \text{ [Kč]} \quad (1)$$

$N(t)$ – hodnota objektu v závislosti na čase (t) [Kč]

C – pořizovací cena [Kč]

α – koeficient rychlosti poklesu zůstatkové ceny [-]

t_c – celková doba stáří objektu [roky]

Náklady na provoz a údržbu se projeví charakteristickou rostoucí exponenciálou:

$$N_u(t) = A \cdot e^{\beta t_c} \text{ [Kč]} \quad (2)$$

$N_u(t)$ – náklady na údržbu objektu v závislosti na čase (t) [Kč]

A – amplituda udržovacích nákladů [Kč]

β – koeficient rychlosti nákladů na údržbu [-]

t_c – celková doba stáří objektu [roky]

Nákladovou složku tvoří v této práci veškeré náklady na údržbu vozidla.

Součtem obou dílčích vztahů dostáváme celkovou cenu dopravního prostředku:

$$N_c(t) = C \cdot e^{-\alpha t_c} + A \cdot e^{\beta t_c} \text{ [Kč]} \quad (3)$$

Ze vztahu představujícího celkovou cenu objektu hledáme extrém podle času, který získáme:

$$\frac{dN_c(t)}{dt} = 0 \Rightarrow \alpha \cdot C \cdot e^{-\alpha \cdot t_c} = \beta \cdot A \cdot e^{\beta \cdot t_c} \quad (4)$$

C – pořizovací cena [Kč]

A – amplituda udržovacích nákladů [Kč]

α – koeficient odpisové exponenciály [-]

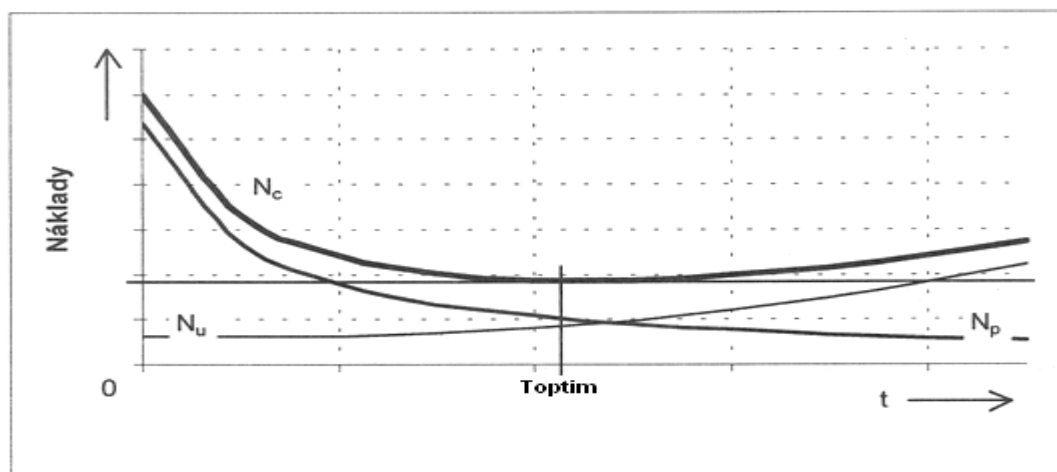
β – koeficient nákladové exponenciály [-]

t_c – celková doba stáří objektu [roky]

Dále získáme výraz pro určení optimální životnosti zkoumaného objektu:

$$t_{z_{opt}} = \frac{1}{\alpha + \beta} \cdot \ln \left(\frac{\alpha \cdot C}{\beta \cdot A} \right) \quad [\text{roky}] \quad (5)$$

Průběh těchto nákladových funkcí je zobrazen na následujícím obrázku (viz obrázek 4)



Zdroj [1]

Obrázek 4 - Průběh celkové hodnoty, zůstatkové ceny a nákladů na údržbu vozidla

[1]

Ve své diplomové práci za hodnotu C dosazuji amplitudu pořizovací ceny.

2.3 Stanovení intervalu vyřazení autobusu

Vyřazením autobusu z vozového parku je, chápáno prodej autobusu za tržní cenu. Hranici vyřazení autobusů určíme za pomoci intervalového odhadu daného typu rozdělení náhodné veličiny. Různorodost počtu vzorků (autobusů) vede k použití normálního a Studentova t rozdělení.

2.3.1 Normální rozdělení

V praxi se často setkáváme s normálním rozdělením u řady veličin, např. velikosti chyby měření, rozdělení skutečného rozměru součásti uvnitř tolerančního pole při obrábění. Normální rozdělení je také známo jako Gaussovo rozdělení podle svého objevitele Gausse, označuje se $N(\mu, \sigma)$ a je určeno dvěma parametry, střední hodnotou a směrodatnou odchylkou.

Stěžejní význam má normální rozdělení v teorii pravděpodobnosti – druhá limitní věta.

Ve spolehlivosti se využívá pro intervalový odhad, tj. ke stanovení intervalu, ve kterém s vysokou, předem stanovenou pravděpodobností leží odhadovaný parametr. Typickým příkladem je odhad dolní a horní hranice, mezi kterými leží střední doba do poruchy. Původně bodovým odhadem střední doby změnou na intervalový výrazně zvýšíme pravděpodobnost, že náš odhad je správný. Stanovení intervalu se provádí s využitím „pravidla σ “.

Hustota pravděpodobnosti normálního rozdělení je dána vztahem:

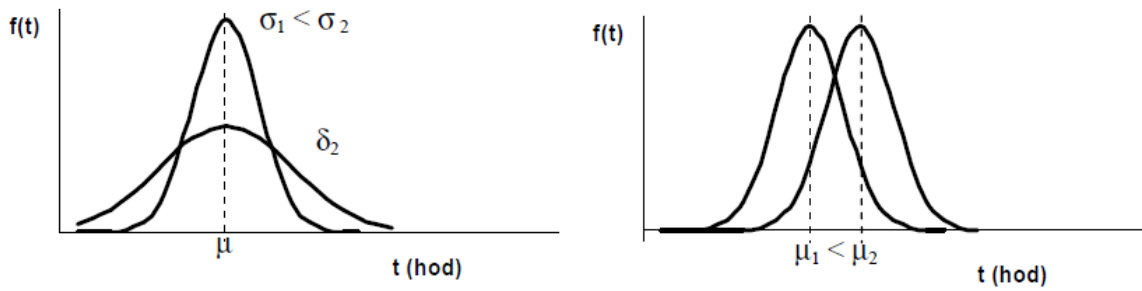
$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \cdot e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad -\infty < t < \infty \quad (6)$$
$$\sigma > 0$$

Parametry rozdělení

μ – střední hodnota

σ – směrodatná odchylka náhodné veličiny

Průběh hustoty pravděpodobnosti a vliv parametrů na průběh funkce je naznačen na obrázku 5.



Zdroj [5]

Obrázek 5 - Normální rozdělení – $f(t)$

Ve spolehlivosti má často náhodná proměnná rozměr čas nebo kilometrický proběh, může proto nabývat pouze kladných hodnot (nezáporné číslo) a rozdělení je zleva useknuto. Pokud je $\mu = 0$ a směrodatná odchylka $\sigma = 1$, říkáme, že rozdělení je normované. Distribuční funkce $\Phi(t)$ a hustota pravděpodobnosti $\varphi(t)$ normovaného rozdělení jsou tabelované. Použitím těchto funkcí dostáváme charakteristiky bezporuchovosti určené normálním rozdělením.

Parametry rozdělení: $t_0 > 0, \sigma > 0$

$$f(t) = \frac{\varphi\left(\frac{t_0 - t}{\sigma}\right)}{\sigma \cdot \Phi\left(\frac{t_0}{\sigma}\right)} \quad (7)$$

$$F(t) = 1 - \frac{\Phi\left(\frac{t_0 - t}{\sigma}\right)}{\Phi\left(\frac{t_0}{\sigma}\right)} \quad (8)$$

$$R(t) = \frac{\Phi\left(\frac{t_0 - t}{\sigma}\right)}{\Phi\left(\frac{t_0}{\sigma}\right)} \quad (9)$$

$$\lambda(t) = \frac{\varphi\left(\frac{t_0 - t}{\sigma}\right)}{\sigma \cdot \Phi\left(\frac{t_0 - t}{\sigma}\right)} \quad (10)$$

$$T_s = t_0 + \sigma \frac{\varphi\left(\frac{t_0 - t}{\sigma}\right)}{2 \cdot \Phi\left(\frac{t_0}{\sigma} - 1\right)} \quad (11)$$

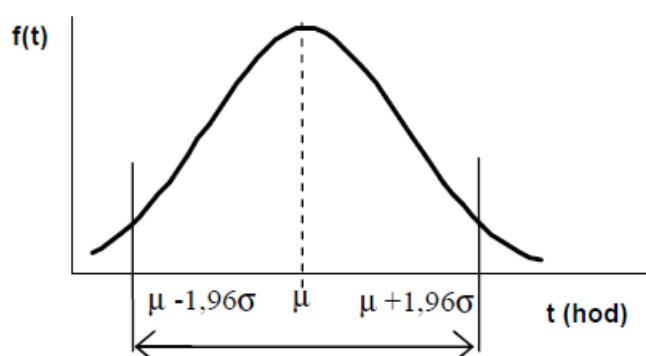
Pravděpodobnost, že náhodná veličina nabude hodnot z určitého intervalu, je rovna ploše pod hustotou pravděpodobnosti nad tímto intervalem. Například pro interval s hranicemi $\mu - (0,96\sigma)$ a $\mu + (1,96\sigma)$ má tato plocha velikost 0,95. Náhodná veličina potom nabývá hodnot z tohoto intervalu s 95% pravděpodobností a pouze s 5% pravděpodobností leží její hodnoty mimo uvedený interval.

Podrobněji pravidlo σ (viz obrázek 6):

téměř 70 % hodnot leží ve vzdálenosti menší než 1 směrodatná odchylka od průměru,
přesněji - 68,27 % leží mezi $\mu \pm 1 \sigma$

95 % hodnot leží ve vzdálenosti menší než 2 směrodatné odchylky od průměru,
přesněji 95 % leží mezi $\mu \pm ,96 \sigma$

99 % hodnot leží ve vzdálenosti menší než 3 směrodatné odchylky od průměru,
přesněji 99 % leží mezi $\mu \pm 2,576 \sigma$



Zdroj [5]

Obrázek 6 - Normální rozdělení - pravidlo σ

Odhad parametru normálního rozdělení:

Odhad parametrů normálního rozdělení je proveden metodou maximální věrohodnosti. Uvažujme, že data x_i , kde $i = 1, 2, \dots, n$ jsou získána ze zkoušek spolehlivosti a jsou výsledkem opakovaných, nezávislých experimentů. Lze tvrdit, že ze všech možných realizací náhodné veličiny (realizace – výsledek zkoušky) obdržíme hodnoty

nejpravděpodobnější, a na tomto tvrzení je založena metoda odhadu parametrů s maximální věrohodností. Naznačme postup řešení.

Hustota pravděpodobnosti n -tice realizací x_i je dána průnikem pravděpodobností nastoupení jevu. Tomu odpovídá s uvážením vztahu (6):

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(x_i - \mu)^2}{2\sigma^2}} = \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \right)^n e^{-\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (12)$$

$$\ln f(x_1, x_2, \dots, x_n) = -\frac{n}{2} \ln(2\pi\sigma^2) - \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \mu)^2}{2\sigma^2} \quad (13)$$

Parametry rozdělení μ a σ^2 chápeme jako proměnnou a hledáme maximum pravděpodobnosti vztahu (13) jako lokální extrém. Protože ve vztahu vystupují dva parametry, provedeme parciální derivaci podle μ a σ^2 a získáme tak dvě rovnice:

$$\frac{\partial}{\partial \mu} \ln f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \mu)}{\sigma^2} = 0 \quad \text{pro } i=1, 2, \dots, n \quad (14)$$

$$\frac{\partial}{\partial \sigma^2} \ln f(x_1, x_2, \dots, x_n) = -\frac{n}{2\sigma^2} + \frac{1}{2\sigma^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 = 0 \quad (15)$$

Řešením obdržíme:

$$\bar{\mu} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (16)$$

$$\overline{\sigma^2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{\mu})^2 \quad (17)$$

Je zřejmé, že aritmetický průměr (16) je nejlepší odhad střední hodnoty normálního rozdělení určený podle principu maximální věrohodnosti, podobně vztah (17) je nejlepší odhad rozptylu.

Konkrétní řešení realizujeme ve dvou krocích. Nejprve odhadneme střední hodnotu rozdělení, v druhém kroku provedeme odhad rozptylu. [5]

2.3.2 Studentovo t rozdělení

Uvažujme dvě nezávislé náhodné veličiny Z a V . Náhodná veličina Z má normované normální rozdělení, náhodná veličina V má χ^2 - rozdělení s ν stupni volnosti. Potom náhodná veličina T ,

$$T = \frac{Z}{\sqrt{\frac{V}{\nu}}} \quad (18)$$

má Studentovo t rozdělení s ν stupni volnosti, což značíme $T \rightarrow t_\nu$. Počet stupňů volnosti je jediný parametr tohoto rozdělení.

Pro $\nu \rightarrow \infty$ (vysoký počet stupňů volnosti, v praxi pro $\nu > 30$) se Studentovo t rozdělení blíží normovanému normálnímu rozdělení.

Střední hodnota: $E(T) = 0$ pro $\nu > 1$ (19)

Rozptyl: $D(T) = \frac{\nu}{\nu - 2}$ pro $\nu > 2$ (20)

100p% kvantily – t_p :

Pro vybrané p a pro vybrané stupně volnosti ν jsou 100p% kvantily tabelovány. Většinou je tato tabelace provedena pouze pro $p < 0,5$. Kvantily t_p pro $p > 0,5$ lze získat pomocí vztahu:

$$t_p = -t_{1-p} \quad (21)$$

Pokud je náhodná veličina normálního rozdělení, a je navzájem nezávislá, je definována jako:

$$\frac{\bar{X} - \mu}{s} \cdot \sqrt{n} \quad (22)$$

má Studentovo t rozdělení s $(n-1)$ stupni volnosti zaznamenáno

$$\frac{\bar{X} - \mu}{s} \cdot \sqrt{n} \rightarrow t_{n-1} \quad (23)$$

kde je:

\bar{X} - aritmetický průměr

μ – střední hodnota

s – výběrová směrodatná odchylka

n – počet vzorků

[2]

2.3.3 Bodový a intervalový odhad

Z metodického hlediska se používají dva typy odhadů:

- bodový odhad, kdy je parametr základního souboru aproximován jediným číslem
- intervalový odhad, kdy je tento parametr aproximován intervalem, v němž s velkou pravděpodobností daný parametr leží.

O tom, který z výše uvedených odhadů použijeme, rozhoduje konkrétní situace, v níž se nacházíme. Pokud je potřeba hledaný parametr vyjádřit jedinou hodnotou (např. v případech, kdy bude využit v dalších výpočtech), se použije bodový odhad. Pokud je zapotřebí přesnější odhad, použije se intervalový odhad, tzn. že se musí nalézt tzv. interval spolehlivosti.

Bodový odhad:

Mějme náhodný výběr X_1, X_2, \dots, X_n z určitého rozdělení, které závisí na neznámém parametru θ . Odhadem T parametru θ je pak výběrová charakteristika $T(X_1, X_2, \dots, X_n)$, která nabývá hodnot „blízkých“ neznámému parametru θ .

Vlastnosti dobrého bodového odhadu: nestrannost, vydatnost, konzistence.

Konstrukce:

Bodového odhadu

Pro konstrukci bodových odhadů se nejčastěji používají dvě metody. První z nich je metoda maximální věrohodnosti a druhou metodou je metoda momentů.

Intervalového odhadu:

V praktických aplikacích často určujeme odhad příslušného parametru pomocí intervalového odhadu. Tento odhad je reprezentován intervalem $\langle t_D, t_H \rangle$, v něm hledaný

parametr leží s předem určenou pravděpodobností (spolehlivostí), kterou označujeme $(1-\alpha)$.

Jednostranný intervalový odhad:

U jednostranných intervalů spolehlivosti se udává pouze dolní mez (T_D) nebo pouze horní mez (T_H) intervalu. Je-li dána pouze dolní mez intervalu T_D , mluvíme o **levostranném intervalu spolehlivosti** a platí pro něj:

$$P(\theta \geq T_D) = 1 - \alpha \quad (24)$$

Je-li dána pouze horní mez odhadu T_H , mluvíme o **pravostranném intervalu spolehlivosti** a platí pro něj:

$$P(\theta \leq T_H) = 1 - \alpha \quad (25)$$

Oboustranný interval spolehlivosti:

Zajímají-li nás obě meze odhadu (dolní i horní), konstruujeme oboustranný interval spolehlivosti. Většinou tyto meze určujeme tak, aby platilo, že pravděpodobnost, že parametr populace leží pod dolní mezí, byla stejná jako pravděpodobnost, že hledaný parametr leží nad horní mezí a byla rovna $\alpha/2$.

$$P(\theta < T_D) = P(\theta > T_H) = \frac{\alpha}{2} \quad (26)$$

Tato dvě podmínky zaručují, že

$$P(T_D \leq \theta \leq T_H) = 1 - \alpha \quad (27)$$

Dvojice statistik (T_D, T_H) se pak nazývá **100 (1- α)% interval spolehlivosti pro parametr θ** .

Intervalový odhad střední hodnoty normálního rozdělení, známe-li směrodatnou odchylku.

Definujme výběrovou statistiku $T(X)$ jako:

$$T(X) = \frac{\bar{X} - \mu}{\sqrt{\frac{\sigma^2}{n}}} = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma} \cdot \sqrt{n} \quad (28)$$

Pak má $T(X)$ normované normální rozdělení, $T(X) \sim N(0;1)$.

Z toho plyne, že lze zapsat následující pravděpodobnosti:

$$P\left(z_{\frac{\alpha}{2}} \leq T(X) \leq z_{1-\frac{\alpha}{2}}\right) = 1 - \alpha \quad (29)$$

$$P\left(z_{\frac{\alpha}{2}} \leq \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma} \cdot \sqrt{n} \leq z_{1-\frac{\alpha}{2}}\right) = 1 - \alpha \quad (30)$$

Pro kvantily normovaného normálního rozdělení platí: $z_p = z_{1-p}$

Postupnými úpravami získáme oboustranný interval spolehlivosti pro střední hodnotu:

$$P\left(-\bar{X} - \frac{\sigma}{\sqrt{n}} z_{1-\frac{\alpha}{2}} \leq -\mu \leq -\bar{X} + \frac{\sigma}{\sqrt{n}} z_{1-\frac{\alpha}{2}}\right) = 1 - \alpha \quad (31)$$

$$P\left(\bar{X} + \frac{\sigma}{\sqrt{n}} z_{1-\frac{\alpha}{2}} \geq \mu \geq \bar{X} - \frac{\sigma}{\sqrt{n}} z_{1-\frac{\alpha}{2}}\right) = 1 - \alpha \quad (32)$$

$$P\left(\bar{X} - \frac{\sigma}{\sqrt{n}} z_{1-\frac{\alpha}{2}} \leq \mu \leq \bar{X} + \frac{\sigma}{\sqrt{n}} z_{1-\frac{\alpha}{2}}\right) = 1 - \alpha \quad (33)$$

Oboustranný intervalový odhad střední hodnoty μ se spolehlivostí $1 - \alpha$ při známém rozptylu σ^2 je tedy:

$$\left\langle \bar{x} - \frac{\sigma}{\sqrt{n}} z_{1-\frac{\alpha}{2}}; \bar{x} + \frac{\sigma}{\sqrt{n}} z_{1-\frac{\alpha}{2}} \right\rangle \quad (34)$$

Využitím výběrové charakteristiky $T(X) = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma} \cdot \sqrt{n}$ a rovnost $P(X < x_{1-\alpha}) = 1-\alpha$, získáme levostranný interval spolehlivosti.

$$P(T(X) \leq z_{1-\alpha}) = 1 - \alpha \quad (35)$$

$$P\left(\frac{\bar{X} - \mu}{\sigma} \cdot \sqrt{n} \leq z_{1-\alpha}\right) = 1 - \alpha \quad (36)$$

$$P(-\mu \leq -\bar{X} + \frac{\sigma}{\sqrt{n}} z_{1-\alpha}) = 1 - \alpha \quad (37)$$

$$P(\mu \geq \bar{X} - \frac{\sigma}{\sqrt{n}} z_{1-\alpha}) = 1 - \alpha \quad (38)$$

Levostranný intervalový odhad střední hodnoty μ se spolehlivostí $1-\alpha$ při známém rozptylu σ^2 je tedy dán dolní mezí:

$$\bar{x} - \frac{\sigma}{\sqrt{n}} z_{1-\alpha} \quad (39)$$

Obdobně určíme pravostranný interval spolehlivosti:

$$P(T(X) \geq z_{1-\alpha}) = 1 - \alpha \quad (40)$$

$$P(T(X) \geq -z_{1-\alpha}) = 1 - \alpha \quad (41)$$

$$P\left(\frac{\bar{X} - \mu}{\sigma} \sqrt{n} \geq -z_{1-\alpha}\right) = 1 - \alpha \quad (42)$$

$$P(-\mu \geq -\bar{X} - \frac{\sigma}{\sqrt{n}} z_{1-\alpha}) = 1 - \alpha \quad (43)$$

$$P(\mu \leq \bar{X} + \frac{\sigma}{\sqrt{n}} z_{1-\alpha}) = 1 - \alpha \quad (44)$$

Pravostranný intervalový odhad střední hodnoty μ se spolehlivostí $1-\alpha$ při známém rozptylu σ^2 je tedy dán dolní mezí:

$$\bar{x} + \frac{\sigma}{\sqrt{n}} z_{1-\alpha} \quad (45)$$

Výše uvedené intervalové odhady používáme nejen v případech, kdy známe směrodatnou odchylku σ , ale i v případech, kdy máme dostatečně velký výběr ($n \geq 30$) a směrodatnou odchylku neznáme. V těchto případech lze ve výše uvedených vzorcích nahradit směrodatnou odchylku σ výběrovou směrodatnou odchylkou s , aniž by tím vznikla významná chyba.

Intervalový odhad střední hodnoty normálního rozdělení, neznáme-li směrodatnou odchylku

Náhodná veličina je definována:

$$T_{n-1} = \frac{\bar{X} - \mu}{s} \cdot \sqrt{n} \quad (46)$$

má Studentovo **t** rozdělení s **(n-1)** stupni volnosti

$$T_{n-1} \rightarrow t_{n-1} \quad (47)$$

Z toho vyplývá, že lze zapsat následující pravděpodobnost:

$$P\left(t_{\frac{\alpha}{2}, n-1} \prec T_{n-1} \prec t_{1-\frac{\alpha}{2}, n-1}\right) = 1 - \alpha \quad (48)$$

$$P\left(t_{\frac{\alpha}{2}, n-1} \prec \frac{\bar{X} - \mu}{s} \cdot \sqrt{n} \prec t_{1-\frac{\alpha}{2}, n-1}\right) = 1 - \alpha \quad (49)$$

kde $t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$, $t_{1-\frac{\alpha}{2}, n-1}$ jsou příslušné kvantily Studentova rozdělení s **(n-1)** stupni volnosti.

Úpravou tohoto vztahu, při využití vlastnosti symetrie Studentova rozdělení

$$t_{\frac{\alpha}{2}, n-1} = -t_{1-\frac{\alpha}{2}, n-1} \quad (50)$$

Pak lze dostat požadovaný oboustranný interval:

$$P\left(\bar{X} - \frac{S}{\sqrt{n}} \cdot t_{\frac{\alpha}{2}, n-1} \prec \mu \prec \bar{X} + \frac{S}{\sqrt{n}} \cdot t_{1-\frac{\alpha}{2}, n-1}\right) = 1 - \alpha \quad (51)$$

Obdobně lze ukázat, že levostranný interval spolehlivosti je vymezen vztahem:

$$P\left(\bar{X} - \frac{S}{\sqrt{n}} \cdot t_{\alpha, n-1} \prec \mu\right) = 1 - \alpha \quad (52)$$

a pravostranný interval vztahem:

$$P\left(\mu \prec \bar{X} + \frac{S}{\sqrt{n}} \cdot t_{1-\alpha, n-1}\right) = 1 - \alpha \quad (53)$$

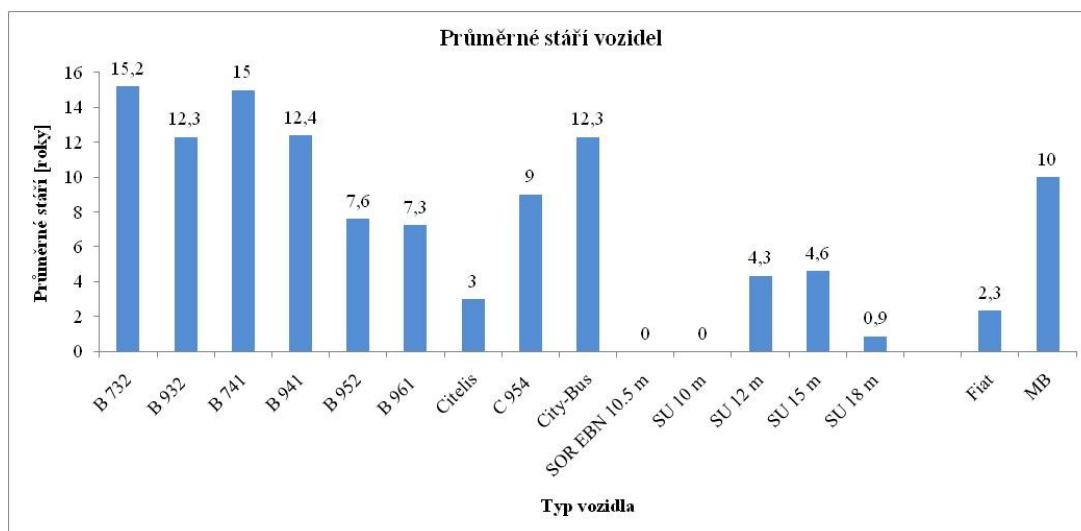
[2]

3 Analýza vozidlového parku

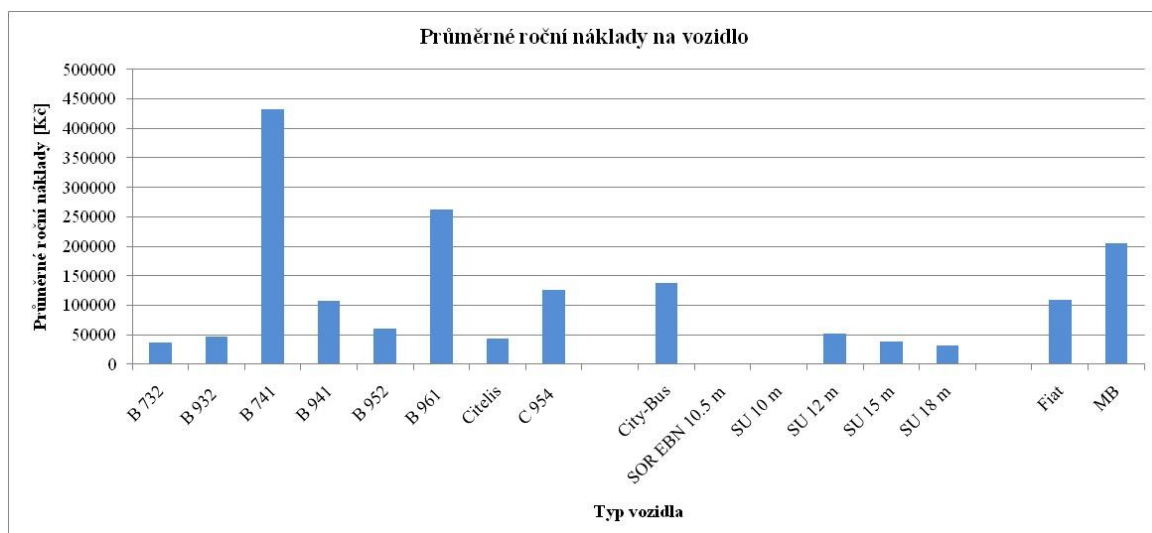
Vozidlový park DP Ostrava a.s. k 31. 12. 2010 (viz tabulka 1).

Tabulka 1 - Vozidlový park DPO a.s.

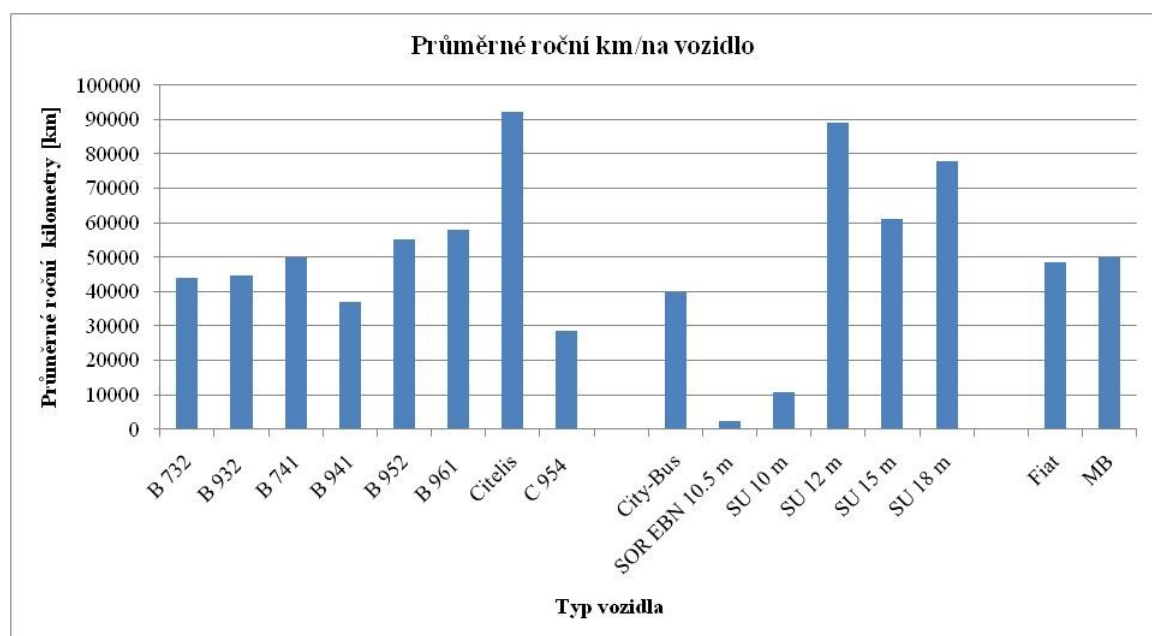
Vozidla výrobce Karosa	Celkem vozů	Průměrné roční hodnoty		
		stáří vozů	km/na vůz	náklady na opravy a údržbu
B 732	30	15,2	43 893	37 687
B 932	58	12,3	44 551	47 070
B 741	3	15,0	49 781	432 477
B 941	37	12,38	37 033	107 797
B 952	45	7,6	55 288	59 989
B 961	8	7,3	57 779	262 029
Citelis	11	3,0	92 107	43 124
C 954	1	9,0	28 534	125 784
Celkem	193	11,0	51 121	139 494
Jiný výrobce				
City-Bus	13	12,3	39 909	138 488
SOR EBN 10.5 m	2	0,0	2 315	vyhodnocuje se
SU 10 m	5	0,0	10 701	880
SU 12 m	47	4,3	89 044	52 407
SU 15 m	30	4,6	61 189	38 939
SU 18 m	7	0,9	77 707	32 193
Fiat	3	2,3	48 354	109 820
MB	5	10,0	49 891	204 771
Celkem	112	6,0	47 389	82 500
CELKEM DPO:	305	9,2	49 255	110 997



Graf 2 - Průměrné stáří vozidel



Graf 3 - Průměrné roční náklady na vozidlo



Graf 4 - Průměrné roční kilometry na vozidlo

Při sledování vozidlového parku DPO a.s. jsem zjistil, že nejvíce autobusů s nejvíce použitelnými daty pro použití metody exponenciálních trendů mají autobusy značky Karosa, nyní Iveco Czech Republic. Tento druh vozidla je obsažen největším počtem a různorodosti věku vozidel. Při dalším řešení diplomové práce jsem se tedy omezil pouze na tento druh vozidla, který je blíže popsán v příloze A. V příloze A je popis Karosy řady 700, 900 a Citelis.

[11]

4 Výpočet optimální doby životnosti

Určení životnosti jednotlivých autobusů DPO a.s. jsem provedl pomocí metody exponenciálních trendů, která je popsána v teoretické části. Základ této metody je v tom, že zkoumá autobus v přibývajících letech provozu z hlediska jeho hodnoty. Tato hodnota se skládá ze dvou složek:

První složkou je klesající cena autobusu v důsledku stárnutí a opotřebení při provozu. Nejvyšší hodnotu má autobus, když je nový (jeho hodnota se rovná pořizovací ceně) a postupně se snižuje. Hodnota po každém roce by měla poklesnout o částku, která je určená tržní cenou autobusu daného stáří.

Druhou složkou jsou rostoucí náklady na údržbu autobusu. Náklady jsou vypočítávány kumulativně, to znamená, že náklady za daný rok budou tvořit náklady vynaložené za celou dobu technického života autobusu do roku, ve kterém určí výši nákladů (vždy přičítám k nákladům vynaloženým za daný rok i náklady za předchozí roky).

Tyto dvě složky hodnoty autobusu tvoří exponenciály. Hodnota zůstatkové ceny se odvíjí od pořizovací ceny a má tvar klesající exponenciály. Hodnota tvořená kumulativními náklady má tvar rostoucí exponenciály, přičemž hodnotu tvořenou náklady tvoříme investicemi vloženými do údržby autobusu. Výsledná hodnota autobusu je definována jako součet těchto křivek. Při pohledu na výslednou křivku lze vidět, že celková hodnota autobusu klesá do svého lokálního minima a pak opět roste. V tomto extrému je vhodné autobus prodat, neboť již narůstá složka hodnoty autobusu tvořená náklady. Náklady překročili zbytkovou hodnotu autobusu odvozenou od pořizovací ceny.

4.1 Úprava dat pro metodu exponenciálních trendů

Pro potřebu diplomové práce jsem musel upravit data získaná z DPO a.s. tak, aby bylo možné použít metodu exponenciálních trendů. Abych mohl zmiňovanou metodu použít, musel jsem řešit dva hlavní problémy.

Prvním problémem byla hodnota odvozená od pořizovací ceny. Z důvodu toho, že jsou autobusy specifické dopravní prostředky, neexistuje trh s použitými autobusy, tudíž nelze určit cenu autobusu po určitých letech v provozu na základě tržní ceny. Tato hodnota se dá určit podle účetnictví firmy, kdy jsou vedeny pravidelné odpisy z pořizovací ceny autobusů za daný rok kvůli výpočtu daní. Ovšem v DPO a.s. jsou odpisy lineární takže,

každý rok se odečte od aktuální ceny účetní (pořizovací cena + např. dovybavení vozidla) stejná částka, která je rovna ročnímu odpisu vozidla.

Druhý problém byl nedostatečný počet dat. Vinou přechodu na jiný informační systém mi byly poskytnuty data týkající se údržby autobusů pouze za roky 2006 až 2010 což obzvlášť v případě autobusů, které jsou v provozu již patnáct let, nemá dostačující vypovídající hodnotu.

Vyřešení uvedených problémů jsem provedl následovně.

4.2 Náklady na údržbu autobusu

Nedostatek údajů o nákladech na údržbu jsem vyřešil zavedením tzv. průměrného autobusu. Vzhledem k tomu, že ke každému autobusu jsem měl data o nákladech pouze za roky 2006 až 2010, mohl jsem postupovat podle následující úvahy.

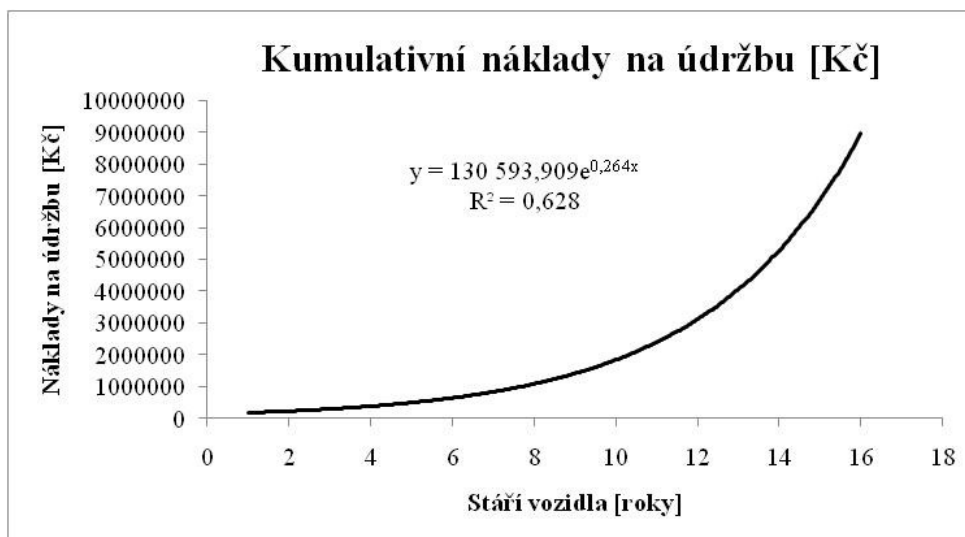
Vzhledem k již popsané skutečnosti v závěru kapitoly 4 pokračuji dále v řešení diplomové práce. V DPO a.s. jsou v provozu nejstarší autobusy Karosa od roku 1995 tedy již 16 let a data mám za posledních 5 let jejich provozu, s toho mohu vyvodit, že pro průměrný autobus Karosa budu brát tyto náklady jako náklady v 12, 13, 14, 15 a 16 roce provozu. Náklady autobusů Karosa, které jsou v provozu od roku 1996, mohu pro průměrný autobus Karosa použít jako data pro 11, 12, 13, 14, 15 rok provozu vozidla. Takto jsem postupoval dále až po autobusy Karosa - Citelis, které byli zařazené do provozu v roce 2008 a určují náklady pro 1, 2, 3, rok provozu průměrného autobusu Karosa. Do přílohy B jsem zpracoval stáří vozidel dle typu vozidla a v příloze C jsou zpracovány celkové roční náklady za 5 let provozu vztažené na typ vozidla.

Díky této úvaze jsem měl k dispozici pro každý rok náklady od několika autobusů a pro průměrný autobus jsem použil hodnotu vypočítanou jako aritmetický průměr uvedených hodnot nákladů pro každý rok. Pro průměrný autobus Karosa mi pak vyšly náklady v jednotlivých letech uvedené v tabulce 2. Do této tabulky jsem již zpracoval kumulativní náklady, které sloužily již pro zvolenou metodu výpočtu:

Tabulka 2 - Náklady na údržbu v letech a kumulativně průměrného autobusu Karosa

Počet let v provozu	Kalendářní rok	Náklady na údržbu [Kč]	
		Roční	Kumulativní
1	1995	7 278,95	7 278,95
2	1996	218 111,68	225 390,63
3	1997	315 950,98	541 341,61
4	1998	274 040,54	815 382,15
5	1999	248 610,23	1 063 992,38
6	2000	230 085,43	1 294 077,81
7	2001	255 390,74	1 549 468,55
8	2002	258 400,52	1 807 869,07
9	2003	289 098,78	2 096 967,85
10	2004	474 689,34	2 571 657,19
11	2005	374 632,98	2 946 290,17
12	2006	271 097,12	3 217 387,30
13	2007	238 704,87	3 456 092,17
14	2008	217 702,37	3 673 794,54
15	2009	210 629,23	3 884 423,77
16	2010	240 787,03	4 125 210,80

Do grafu 5 jsem zobrazil exponenciální průběh kumulativních nákladů na údržbu průměrného autobusu Karosa.



Graf 5 - Exponenciální průběh kumulativních nákladů na údržbu průměrného autobusu Karosa

4.3 Hodnota autobusu odvozená od pořizovací ceny

Odpisy cen majetku DPO a.s. jsou prováděny podle vnitropodnikové normy DPO s názvem „Odpisový plán 2010“. Pokyny pro provádění odpisů jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3 - Odpisový plán 2010

Odpisová skupina	Doba odpisování v letech	Roční odpisová sazba v %
Autobusy zařazené do provozu do roku 1995	8	12,5
Autobusy zařazené do provozu v letech 1996 až 2003	10	10
Autobusy zařazené do provozu od roku 2004	12	8,3

Zdroj [3]

Problém lineárních odpisů ceny autobusů jsem vyřešil následovně. Do grafů jsem vynesl zůstatkovou hodnotu daného autobusu vždy pro daný rok a tyto hodnoty jsem proložil exponenciálou (exponenciála klesající hodnoty autobusu $N(t)$). Tím jsem získal i druhý exponenciální průběh funkce potřebný pro určení celkové hodnoty $NC(t)$.

4.4 Přepočet pořizovací ceny na stálou cenu

Při řešení problému malého počtu dat zavedením průměrného autobusu Karosa jsem musel vyřešit nově nalezený problém. Tím byla skutečnost, že hodnota nákladů na údržbu pro první, druhý, třetí, čtvrtý, pátý atd. rok provozu autobusu jsou v cenách pro roky 2006, 2007, 2008, 2009, 2010 atd., ale správně by měly být v cenách pro rok 1995, 1996, 1997, 1998, 1999 atd. Tuto nesrovnalost jsem odstranil tak, že pořizovací ceny všech autobusů jsem přepočítal na stálou cenu, která je vztaženou k roku 2009.

Stanovení přepočtu pořizovací ceny:

Pořizovací cenu přepočítanou na současnou hodnotu je možno vyjádřit:

$$N_{Pef} = N_P \cdot k_{ef} \quad (54)$$

kde:

N_{Pef} [Kč] - přepočítaná pořizovací cena

N_P [Kč] - původní pořizovací cena

k_{ef} - přepočítávací koeficient [7]

Přepočítávací koeficient je možno stanovit:

$$k_{ef} = \prod_{i=RV+1}^{RS} \left(\frac{p_i}{100} + 1 \right) \quad (55)$$

kde:

RV - rok pořízení vozidla

RS - rok stanovení přepočtené hodnoty

p_i [%] - meziroční nárůst ceny

Meziroční přírůstek ceny je vyjádřen jako hodnota nárůstu ceny komodity mezi po sobě následujícími lety. Vychází ze statistických údajů Českého statistického úřadu. Pro přepočet jsem použil index růstu cen průmyslových výrobců. Hodnoty meziročního nárůstu ceny jsou v tabulce 4.

Hodnota přírůstku se stanoví podle následujícího vztahu:

$$p_i = \left(\frac{i_i}{i_{i-1}} - 1 \right) \cdot 100 \text{ [%]} \quad (56)$$

kde:

i_i [%] - index cen průmyslových výrobců v i-tém roce

i_{i-1} [%] - index cen průmyslových výrobců v předchozím roce

Obě tyto hodnoty musí být přepočteny na základ stejného roku.

Stanovení přepočtu zůstatkové ceny:

Zůstatková cena vozidla je obecně závislá na jeho pořizovací ceně a režimu jeho odepisování. Pokud je roční odpis po celou dobu konstantní, pak i zůstatková hodnota je lineárně závislá na velikosti pořizovací ceny a době od počátku odepisování. Za předpokladu lineární závislosti mezi pořizovací cenou a zůstatkovou hodnotou můžeme pro zůstatkovou hodnotu přepočítat analogicky:

$$N_{zef} = N_z \cdot k_{ef} \quad (57)$$

kde:

N_{Zef} [Kč] - přepočítaná zůstatková hodnota

N_Z [Kč] - původní zůstatková hodnota

k_{ef} - přepočítávací koeficient

Přepočítávací koeficient se vypočítá úplně stejně jako v předešlém příkladě:

$$k_{ef} = \prod_{i=RV+1}^{RS} \left(\frac{p_i}{100} + 1 \right) \quad (58)$$

kde:

RV - rok pořízení vozidla

RS - rok stanovení přepočtené hodnoty

p_i [%] - meziroční nárůst ceny [literatura]

[4]

Tabulka 4 - Meziroční nárůst cen

Rok	p_i [%]	$(p_i/100)+1$
1995	7,6	1,076
1996	4,8	1,048
1997	4,9	1,049
1998	4,9	1,049
1999	1	1,01
2000	4,9	1,049
2001	2,9	1,029
2002	-0,5	0,995
2003	-0,3	0,997
2004	5,7	1,057
2005	3	1,03
2006	1,6	1,016
2007	4,1	1,041
2008	4,5	1,045
2009	-3,1	0,969
2010	1,25	1,0125

Zdroj [9]

Z tabulky 4 lze přepočítat všechny pořizovací ceny od roku 1995 na stále pořizovací ceny vztažené k roku 2009 tak, že se vynásobí původní pořizovací cena přepočítávacím

koeficientem k_{ef} . Tímto způsobem dostanu pořizovací cenu vozidla vztaženou ke stálému roku (v mém případě rok 2009).

Abych nemusel pro každý autobus zvlášť (pro každý rok, kdy byl autobus zakoupen) vypočítávat přepočítávací koeficient k_{ef} , sestrojil jsem tabulku 5, ve které jsou přehledně zobrazeny koeficienty pro přepočet mezi požadovanými roky.

Z této tabulky 5 jednoduše vyčteme potřebný koeficient tak, že si najdeme v řádku a patřičném sloupci rok, ve kterém byl autobus zakoupen, a ve sloupečku, ke kterému chceme přepočítat tuto cenu (pro můj případ rok 2009) a v políčku, kde se tento řádek a sloupec střetnou je uvedena hledaná hodnota přepočítávacího koeficientu k_{ef} .

Tabulka 5 - Hodnoty přepočítávacího koeficientu k_{ef}

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	1																
1995	1,076	1															
1996	1,127648	1,048	1														
1997	1,182903	1,093352	1,049	1													
1998	1,240865	1,153220	1,100401	1,049	1												
1999	1,253274	1,164752	1,165864	1,059490	1,01	1											
2000	1,314684	1,221825	1,222991	1,111405	1,059490	1,049	1										
2001	1,352810	1,257258	1,258458	1,143636	1,090215	1,079421	1,029	1									
2002	1,346046	1,250972	1,252166	1,137918	1,121831	1,074024	1,023855	0,995	1								
2003	1,342008	1,247219	1,248409	1,134504	1,118466	1,070802	1,020783	0,992015	0,997	1							
2004	1,418502	1,318311	1,319568	1,199171	1,182219	1,131838	1,078968	1,048560	1,053829	1,057	1						
2005	1,461057	1,357860	1,359156	1,235146	1,217685	1,165793	1,111337	1,080017	1,085444	1,088710	1,03	1					
2006	1,484434	1,379586	1,380902	1,254908	1,237168	1,184445	1,129119	1,097297	1,102811	1,106129	1,046480	1,016	1				
2007	1,545296	1,436149	1,437519	1,306359	1,287892	1,233008	1,175412	1,142286	1,148026	1,151481	1,089386	1,057656	1,041	1			
2008	1,614834	1,500775	1,502207	1,365145	1,345847	1,288493	1,228306	1,193689	1,199687	1,203297	1,138408	1,105251	1,087845	1,045	1		
2009	1,564774	1,454251	1,455639	1,322826	1,304126	1,248550	1,190228	1,156685	1,162497	1,165995	1,103117	1,070988	1,054122	1,012605	0,969	1	
2010	1,584334	1,472429	1,473834	1,339361	1,320427	1,264157	1,205106	1,171143	1,177028	1,180570	1,116906	1,084375	1,067298	0,993479	0,981113	1,0125	1

V příloze D je uveden seznam autobusů Karosa, jimiž se zabývám. [4]

5 Výpočet

5.1 Výpočet optimální doby pro vyřazení autobusu typu Karosa B 961

Autobus Karosa B 961 – 4290:

Pro sestrojení exponenciály nákladů jsem použil kumulativní náklady na údržbu vypočítané pro průměrný autobus Karosa (viz tabulka 6).

Tabulka 6 - Náklady průměrného autobusu Karosa

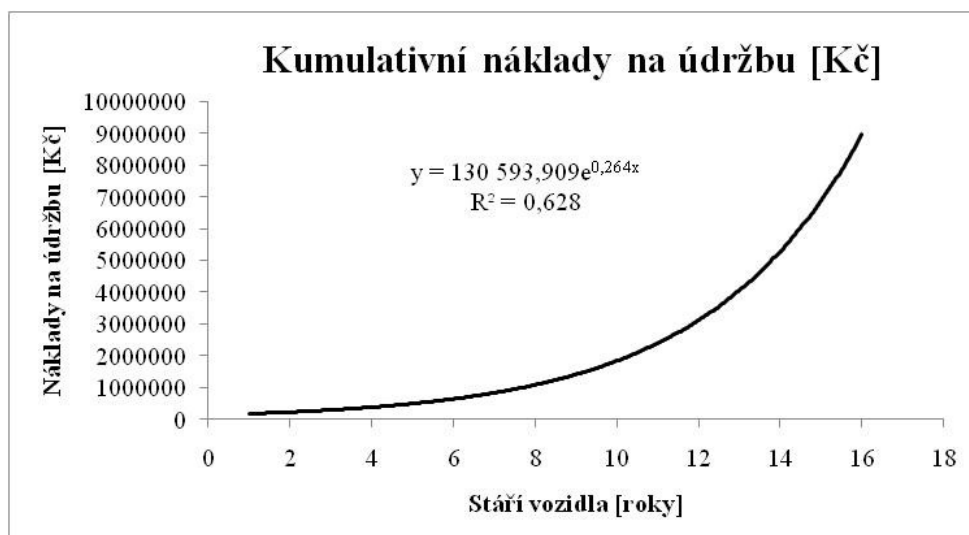
Počet let v provozu	Kalendářní rok	Kumulativní náklady na údržbu [Kč]
1	1995	7 278,95
2	1996	225 390,63
3	1997	541 341,61
4	1998	815 382,15
5	1999	1 063 992,38
6	2000	1 294 077,81
7	2001	1 549 468,55
8	2002	1 807 869,07
9	2003	2 096 967,85
10	2004	2 571 657,19
11	2005	2 946 290,17
12	2006	3 217 387,30
13	2007	3 456 092,17
14	2008	3 673 794,54
15	2009	3 884 423,77
16	2010	4 125 210,80

Z grafu 6 jsem zjistil (pomocí MS Excel), z rovnice exponenciály, hodnoty potřebné pro výpočet optimální doby vyřazení autobusu (T_{opt}):

Rovnice exponenciály – $y = 130\,593,909 e^{0,264x}$

Amplituda – udržovací náklady – $A = 130\,593,909$ [Kč]

Součinitel klesající exponenciály – $\beta = 0,264$ [-]

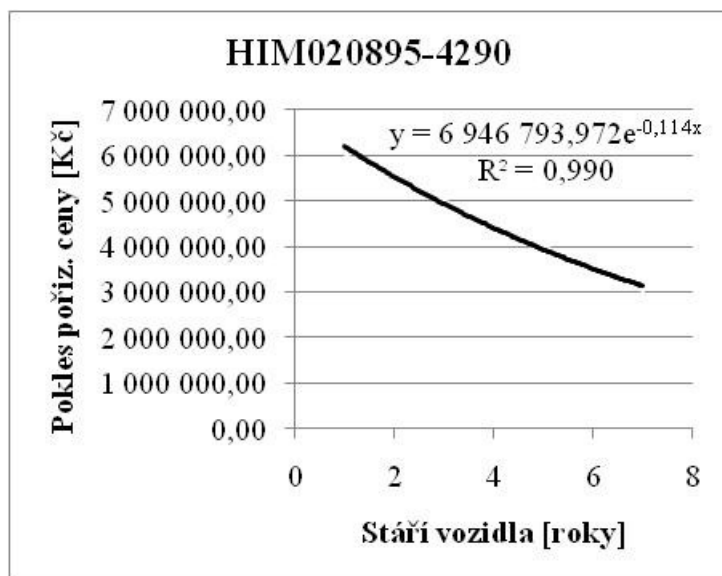


Graf 6 - Průběh kumulativních nákladů na údržbu průměrného autobusu Karosa

Pro sestrojení klesající exponenciály pořizovací ceny autobusu Karosa B 961 jsem použil klesající pořizovací cenu podle odpisů, uvedenou v následující tabulce 7. Je zde uveden autobus Karosa B 961 evidenčního čísla 4290.

Tabulka 7 - Odpisy vozidla 4290

Pořizovací cena k roku 2009:	6 017 621,72
Roční odpis:	499 462,60
Kalendářní rok	odpis v [Kč]
2004	6 017 621,72
2005	5 518 159,12
2006	5 018 696,52
2007	4 519 233,91
2008	4 019 771,31
2009	3 520 308,71
2010	3 020 846,10



Graf 7 - Pokles ceny autobusu ev. č. 4290

Z grafu 7 jsem zjistil, z rovnice exponenciály (pomocí MS Excel), zbylé hodnoty potřebné pro výpočet optimální doby vyřazení autobusu ($T_{z\,opt}$):

Rovnice exponenciály – $y = 6\,946\,793,972e^{-0,114x}$

Amplituda – pořizovací ceny vozidla – $C = 6\,946\,793,972$ [Kč]

Součinitel klesající exponenciály – $\alpha = -0,114$ [-]

Výpočet v MS-Excel:

Tabulka 8 - Výpočet doby vyřazení

HIM020895-4290	
C	6 946 794
α	0,114
A	130 594
β	0,264
$T_{z\,opt}$	8,3

Pro další autobusy Karosa B961 vyšlo $T_{z\,opt}$ následovně:

Tabulka 9 - Optimální doby vyřazení

Autobus B-961	T_{z opt}
HIM020858-4288	7,6
HIM020859-4289	7,6
HIM020895-4290	8,3
HIM020896-4291	8,3
HIM020897-4295	8,3
HIM020899-4293	8,3
HIM020900-4292	8,3
HIM020901-4294	8,3

Horní hranice odhadu vyřazení autobusu Karosa B 961

Výpočet horního odhadu jsem provedl odvozením ze vzorce:

$$P\left(\mu < \bar{X} + \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot t_{1-\alpha, n-1}\right) = 1 - \alpha \quad (59)$$

úprava na tvar:

$$T_H = \overline{T_{z opt}} + \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot t_{1-\alpha, n-1} \quad [\text{rok}] \quad (60)$$

Kde:

T_H – hledaný horní odhad [rok]

$\overline{T_{z opt}}$ – aritmetický průměr z $T_{z opt}$ [rok]

$t_{1-\alpha, n-1}$ – hodnota distribuční funkce studentova rozdělení

Všechny potřebné hodnoty jsem si vypočítal pomocí MS Excel:

Tabulka 10 - Horní hranice doby vyřazení TH autobusu Karosa B 961

$\overline{T_{z opt}}$:	8,1
n:	8,000
směr. odhchlka:	0,302
Studentovo rozdělení:	1,895
Th:	8,3

Autobusy Karosa B 961 by měly být vyřazeny z vozového parku DPO a.s. nejpozději po 8,330 let v provozu.

Další typy autobusů, kterými jsou Karosa B 732, B741, B 932, B 941, B 952, C 954 a Citelis jsou přehledně zpracovány v příloze E.

Zkoumání dolní hranice odhadu vyřazení vozidla jsem z důvodu maximálního vytížení autobusů nezkoumal. Tato hodnota je pro DPO a.s. nezajímavá.

6 Návrh obnovy vozidlového parku

Metodou popsanou v teoretické části diplomové práce jsem provedl výpočet obnovy vozidlového parku DPO a.s. týkající se pouze vozidel značky Karosa.

6.1 Prodej autobusů

V tabulce 11 je uveden přehled horních hranic prodeje pro vyhodnocované autobusy Karosa.

Tabulka 11 - Horní hranice doby prodeje autobusů

Typ autobusu	Doba prodeje
Karosa B 732	7,2
Karosa B 741	8,2
Karosa B 932	7,5
Karosa B 941	8,3
Karosa B 952	7,5
Karosa B 961	8,3
Karosa C 954	7,6
Citelis	7,4

Podle těchto hodnot jsem provedl porovnání všech sledovaných autobusů Karosa DPO a.s. jak dlouho jsou již v provozu vzhledem ke skutečnosti, kdy by měly být prodány na základě mnou vypočítané doby prodeje. Do textu diplomové práce uvádím vyňaté autobusy typu Karosa B 961 (viz tabulka 12) a všechny typy jsou srovnány v příloze F. Vzhledem k vypočítaným hodnotám, by mělo být ihned prodáno celkem 141 autobusů, v roce 2011 by mělo být prodáno 23 autobusů. To činí za rok 2011 prodej 164 autobusů. Souhrnné počty obnovy vozidel Karosa jsou v tabulce 13.

Tabulka 12 - Vyřazení - prodej autobusů Karosa B 961

Inventární číslo	Název	Dat. zařaz.	Vyřazení / prodej
HIM020858-4288	B 961	31.10.2003	26.2.2012
HIM020859-4289	B 961	31.10.2003	26.2.2012
HIM020895-4290	B 961	31.3.2004	27.7.2012
HIM020896-4291	B 961	31.3.2004	27.7.2012
HIM020897-4295	B 961	31.3.2004	27.7.2012
HIM020899-4293	B 961	31.3.2004	27.7.2012
HIM020900-4292	B 961	31.3.2004	27.7.2012
HIM020901-4294	B 961	31.3.2004	27.7.2012

Tabulka 13 - Vyřazení - prodej sledovaných autobusů Karosa

Vyřazení ihned	
Typ autobusu	Počet autobusů
Karosa B 732	30
Karosa B 741	3
Karosa B 932	58
Karosa B 941	37
Karosa B 952	12
Karosa C 954	1
Celkem:	141
Vyřazení 2011	
Typ autobusu	Počet autobusů
Karosa B 952	23
Vyřazení 2012	
Typ autobusu	Počet autobusů
Karosa B 961	8
Vyřazení 2013	
Typ autobusu	Počet autobusů
Karosa B 952	10
Vyřazení 2016	
Typ autobusu	Počet autobusů
Citelis 12 M	11

Celkem zrušených autobusů v roce 2011 by mělo být 164. To je vzhledem k celkovému počtu 305 autobusů 54 %. Tolik autobusů DPO a.s. nemůže najednou vyřadit vzhledem k 87 % každodenní vypravenosti (což je 264 autobusů). Zbývajících počet autobusů, tj. 41, je technická záloha. Mezi vozidly v technické záloze jsou i vozidla na vyřazení. Autobusy značky Karosa jsou zastaralé. Tuto skutečnost zohledním tak, že zanedbám vypočítanou dobu vyřazení vozidla, ale zanedbám vozidlo a jeho typ. Vyřazení bude realizováno od nejstaršího vozidla a typu (viz příloha F) dle pětiletého průměru získaného z DPO a.s., který činí 20 vozidel za rok (viz tabulka 14). Obnova 164 autobusů bude realizována v průběhu 8 let a 2 měsíců. O tuto hodnotu se posune obnova vozidel Karosa, které měly být vyřazeny v letech 2012, 2013, 2016.

Z pohledu obnovy celého vozového parku je nutno podotknout, že je již nastartovaná obnova minibusů Mercedes v počtu 3 kusů minibusem Fiat.

U vozidel typu Solaris je životnost dle odpisů DPO a.s. 10 let pro vozidla zakoupená do roku 2004. Týká se to 11 vozidel, která v roce 2010 dosáhly odpisové životnosti a měly by být buď vyřazeny (výhodně prodány) nebo se na vybraných vozidlech provede střední oprava, po které vozidlo ještě 4 až 5 let jezdí. Po této době se vozidla vyřadí již úplně. U vozidel zakoupených od roku 2004 je odpisová životnost 12 let. Odpisové životnosti dosáhne v roce 2016 14 vozidel. U těchto vozidel je zatím předčasné spekulovat o obnově.

Vozidla značky Renault City-Bus jsou průběžně obnovována způsobem kus za kus nízkopodlažním vozidlem např. Solarisem.

Nutno podotknout, že typ vozidla záleží na tom, který dodavatel vyhraje výběrové řízení pro dodávky nových vozidel.

Tabulka 14 - Vyřazování vozidel DPO a.s. v období pěti let.

Vyřazovaná vozidla	2006	2007	2008	2009	2010	Průměr
Solo vozy:	21	10	7	27	8	15
Kloubové vozy:	2	3	8	10	3	5
Celkem:	23	13	15	37	11	20

6.2 Výběr typu vozidla

V následující kapitole se pokusím přibližně vyčíslit náklady na obnovu sledovaného vozidlového parku. Uvažuji přitom 2 možnosti nahrazení stávajících vozidel značky Karosa. V jedné z možností jsou upřednostňovány vozidla značky Iveco, v druhé pak vozidla značky Solaris, jak je patrné z následující tabulky 15. Při výpočtu uvažuji ceny vozidel bez DPH.

Tabulka 15 - Možnosti nahrazení novými vozidly a jejich ceny

Stávající vozidla	Nová navrhovaná vozidla			
	1. varianta		2. varianta	
	typ	cena	typ	cena
Karosa B 732	Iveco Cítelis 12M	5 100 000 Kč	Solaris Urbino 12	4 750 000 Kč
Karosa B 741	Iveco Cítelis 18M	7 255 000 Kč	Solaris Urbino 18	6 750 000 Kč
Karosa B 932	Iveco Cítelis 12M	5 100 000 Kč	Solaris Urbino 12	4 750 000 Kč
Karosa B 941	Iveco Cítelis 18M	7 255 000 Kč	Solaris Urbino 18	6 750 000 Kč

Zdroj [11]

[11]

Počty a typy vozidel vyřazovaných v jednotlivých letech ukazuje tabulka 16. Při určení nákladů na obnovu vozidel v těchto jednotlivých obdobích uvažuji, že nová vozidla budou zakoupena ve stejném období, kdy budou stávající vozidla, které mají nahradit, vyřazena.

Tabulka 16 - Počty vozidel a kalendářní rok, ve kterém mají být vozidla vyřazena

Nahrazované vozy	2011	2012	2013	2014	2015
B 732	20	10	0	0	0
B 932		7	15	11	13
B 741		3	0	0	0
B 941		0	5	9	7
Celkem:	20	20	20	20	20

Zdroj [11]

V tabulce 16 je znázorněn plán vyřazovaných vozidel v období 5 let. Vynásobíme-li počty vyřazovaných vozidel s cenami nových vozidel dle varianty 1. a 2., získáme celkové náklady na pořízení vozidel dle konstrukční skupiny a výrobce vozidla. Náklady na obnovu jsou v tabulce 17.

Tabulka 17 - Náklady na obnovu vozidel v jednotlivých letech

Plán	2011	2012	2013	2014	2015
Iveco Citelis	102 000 000 Kč	108 465 000 Kč	112 775 000 Kč	121 395 000 Kč	117 085 000 Kč
Solaris Urbino	95 000 000 Kč	101 000 000 Kč	105 000 000 Kč	113 000 000 Kč	109 000 000 Kč

Náklady na obnovu vozidel v období pěti let jsou rozdílné. Důvodem je rozdílné délkové provedení vozidel. Vozidla jsou o délce 12 a 18 metrů.

Z hlediska nákladů na obnovu vozidlového parku se jeví výhodnější a levnější nákup vozidel Solaris Urbino.

6.3 Nákup nových autobusů

V této kapitole se pokusím popsat nákup vozidel pro rok 2011, který vychází z tabulky 16. Nakupuji 20 vozidel o délce 12 metrů značky Solaris Urbino 12. Předpokládám uvedení všech dvaceti vozidel do provozu je v 10 měsíci.

Nákup může být realizován třemi způsoby: 1. nákup z vlastních finančních zdrojů.

2. nákup za přispění dotace.

3. nákup na leasing.

ad 1)

Po konzultaci s finančním oddělením realizuje dopravní společnost tj. DPO a.s dle smlouvy nákup vozidel. Cena za 20 vozidel Solaris Urbino 12 je 95 000 000 Kč bez DPH.

ad 2)

V prvním kroku dopravní společnost musí splnit podmínky o poskytnutí dotace, pak nakoupí vozidla a na základě poskytnutých faktur za nákup autobusů uplatňuje dotaci. Dotace proplácené z evropské unie nebo ze státního rozpočtu jsou proplacena u DPO a.s. ex-post.

Možnosti čerpání dotací jsou dvě. První z nich je využití státní dotace, kdy základní podmínky pro čerpání dotace na rok 2010 jsou zpracovány v příloze G a pravidla pro poskytování dotací ze státního rozpočtu v rámci Programu obnovy vozidel veřejné autobusové dopravy v roce 2010 jsou podrobně popsány v příloze H. Druhou možností je čerpání z evropské unie. Pravidla čerpání dotací z evropské unie jsou vždy dána samotnou dotační smlouvou uzavřenou mezi fondem a dopravní společností. Dle platné smlouvy pro DPO a.s. může dotace činit max. 40% způsobilých nákladů (40% z ceny autobusu), viz tabulka 18.

Tabulka 18 - Ukázka dotace s evropských fondů a ze státního rozpočtu pro plán 2011

Nákup vozu za příspěvní dotace z Evropské unie			
Autobus do	Solaris Urbino	Výše dotace	Cena vozu
12 m.	4 750 000 Kč	1 900 000 Kč	2 850 000 Kč
20 vozů	95 000 000 Kč	38 000 000 Kč	57 000 000 Kč
Náku vozů za příspěvní státního rozpočtu.			
Autobus do	Solaris Urbino	Výše dotace	Cena vozu
12 m.	4 750 000 Kč	800 000 Kč	3 950 000 Kč
20 vozů	95 000 000 Kč	16 000 000 Kč	79 000 000 Kč

O tom pro jaký druh dotace se dopravní společnost rozhodne, vyplývá z uzavřených podmínek v dotační smlouvě mezi společností a evropskou unií. V této smlouvě je uvedena maximální výše dotace pro kalendářní rok, na který je smlouva uzavíraná. Z příložené tabulky 18 je zřejmé, pokud DPO a.s. dostane max. 40% z ceny autobusu, že nákup je za příspěvní evropských dotačních fondů výhodnější. Tato forma dotace je výhodná do výše 18% dotace z EU. Pod 18% je výhodnější využít dotace ze státního rozpočtu. Toto srovnání je uvedeno v příloze I.

ad 3)

Finanční leasing je forma nákupu vozidla leasingovou společností a její následný pronájem koncovému uživateli. Vozidlo se stává majetkem uživatele až po řádném uhrazení všech leasingových splátek. Financování leasingem je díky možnému odpčtu

DPH výhodnou variantou nákupu vozidla pro podnikatele a firmy. Součástí leasingových splátek je havarijní pojištění. Příklad leasingu je uveden v tabulce 19.

Tabulka 19 - Finanční leasing plánu 2011

Solaris Urbino 12:	4 750 000,00 Kč
Plán 2011	20 ks-12m.
Výpočet Leasingu	
Požizovací cena:	95 000 000,00 Kč
Akontace (%):	0
Roční úrok (%):	4%
Roční poplatky (pojištění atd.):	1 920 240,00 Kč
Počet měsíců:	54
Výpočet	
měsíční splátka:	2 085 283,00 Kč
počet měsíců:	54
akontace:	0
Celkové náklady	112 605 261 Kč
Přeplacení:	17 605 261 Kč
z toho na poplatcích:	8 641 080 Kč

Zdroj [8]

[8]

Podmínky finančního leasingu jsou vždy ujednávány dle konkrétních finančních možností objednatele leasingu. Průběh leasingových splátek viz příloha J.

6.4 Srovnání nákupu z prostředků firmy, s přispěním dotací a na leasing

Při srovnání nákupu vycházím ze skutečnosti, že k 31.12.2011 se pořizovací náklady, ať již z dotací nebo bez dotace, poníží o daňové odpisy ve výši 11 % a o účetní odpisy ve výši dvojnásobku měsíčního odpisu.

Doba daňových odpisů je pět let. V prvním roce činí odpis 11% z pořizovací ceny autobusu a v dalších čtyřech letech se odepisuje 22,25%.

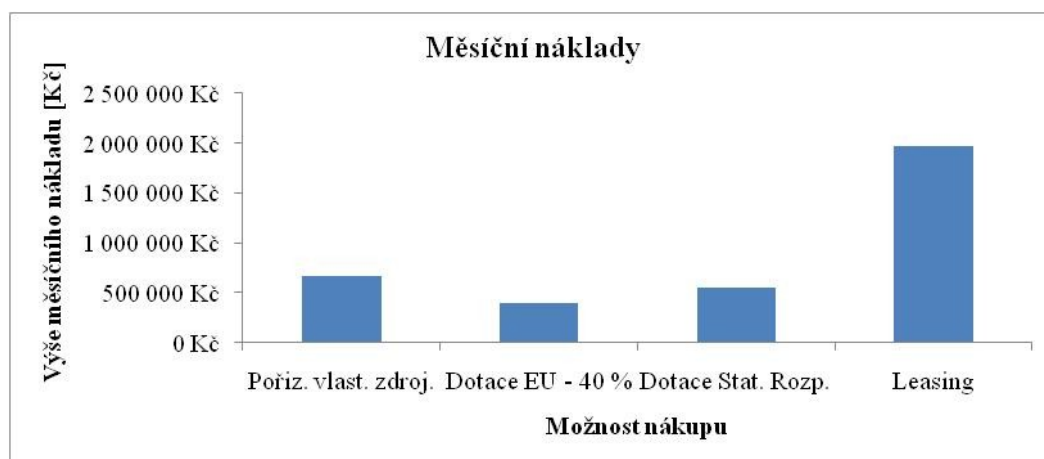
Doba účetních odpisů se počítá z pořizovací ceny autobusů a je stanovena na 12 let. To činí 1/12 pro rok a z toho 1/12 pro měsíc. Do měsíčních nákladů v případě pořízení z vlastních zdrojů nebo za pomoci dotace je zahrnut účetní odpis se silniční daní a zákonným pojištěním. V případě leasingu je měsíčním nákladem brána splátka v aktuálním měsíci.

[12]

Tabulka 20 - Srovnání nákupu vozidla - plán 2011

Autobus	Pořízení vlast. zdrojů	Dotace EU 40 %	Dotace stát. rozp.	Leasing
SU-12	4 750 000 Kč	2 850 000 Kč	3 950 000 Kč	5 304 859 Kč
Náklady na nákup 20 vozů	95 000 000 Kč	57 000 000 Kč	79 000 000 Kč	106 097 180 Kč
Odpisy daňové 2011 (11%)	10 450 000 Kč	6 270 000 Kč	8 690 000 Kč	-
Odpisy účetní 2011 měsíční	659 722 Kč	395 833 Kč	548 611 Kč	-
Zákonné pojištění + sil. daň měsíčně	8 001 Kč	8 001 Kč	8 001 Kč	-
Měsíční splátka leasingu	-	-	-	1 974 806 Kč
Měsíční náklady	667 723 Kč	395 833 Kč	548 611 Kč	1 974 806 Kč

Z provedeného výpočtu (viz tabulka 20) vyplývá, že nákup s dotací EU ve výši 40% je nejvýhodnější a nákup na leasing je nejhorší (viz graf 8).



Graf 8 - Měsíční náklady

Solaris Urbino

Charakteristika

Nová generace vozidel Solaris Urbino, získala novou podobu vnějších tvarů a vnitřního vybavení. Největší změna oproti dosavadním typům byla zaznamenána na přední části vozidla. Podokenní linie karoserie připomínající tvar padající vlny, byla nově navržena ve tvaru dynamického oblouku. Šikmý tvar karoserie zvyšuje pevnost bočních stěn vozidla. Další změny designu vozidla Solaris Urbino III. byly uplatněny při navrhování nového tvaru krytu předních a zadních směrovek, blatníků, zadního nárazníku, přední masky reflektorů, kapoty motoru a horního krytu směrovek.

Konstrukce

Skelet autobusů Urbino tvoří samonosná svařovaná konstrukce, která je vyrobená z nerezové oceli 1.4003 dle normy EN 10088. Samonosná konstrukce skeletu o hmotnosti 10.500 až 10.800 kg, v závislosti na vybavení, patří mezi nejlehčí ve své kategorii. Velkoprostorové profily, které jsou použity při stavbě skeletu, zvyšují jeho tuhost a odolnost na vibrace. Bočnice vozidla Solaris Urbino jsou provedeny z nerezového plechu dle EN 10088 a spodní části z hliníku. K výrobě přední a zadní části karoserie byly použity umělohmotné materiály vyztužené skelnými vlákny.

Komfort

Jednoznačnými klady vozidla SOLARIS URBINO III je jeho velikost, prosvětlený prostor pro pasažéry a tichost vozidla při jeho provozu. Vnitřní prostor je bezbariérový a je vybaven optimálním vzduchotechnickým zařízením, zajišťujícím vynikající cirkulaci vzduchu v prostoru pro cestující. Pro zvýšení komfortu pasažérů jsme uplatnili novátorský systém osvětlení, který optimalizuje úroveň intenzity osvětlení uvnitř autobusu. SOLARIS Urbino III zabezpečuje maximální jednoduchost při jeho provozování, jak samotnému řidiči, tak servisním pracovníkům zabezpečujícím technické a servisní prohlídky vozidla.

Ekologie

Autobusy Solaris Urbino III jsou vybaveny motory, které splňují přísné emisní normy EURO IV. Emise znečištění v podobě pevných částic dosahuje úrovně 0,1 g/ kWh, u kysličníku uhličitého úrovně 0,8 g/ kWh a emise částic NO_x - 4,8 g/ kWh. SOLARIS URBINO III lze na základě zvláštního požadavku klienta vybavit filtrem CRT, který snižuje emisní znečištění. Motory, které budou splňovat emisní normu EURO V, budou uvedeny do provozu ještě před termínem nabytí platnosti této normy.

Technika

Motor, převodovka a převodový poměr zadní nápravy autobusu Solaris Urbino III jsou vždy sladěny tak, aby byly zachovány optimální dynamické vlastnosti vozidla, komfort jízdy cestujících a uživatelům nízká spotřeba pohonných hmot. Autobusy Solaris Urbino III jsou vybaveny moderními pohonnými jednotkami dodávanými firmami DAF, Cummins nebo IVECO. Typ a výběr použité pohonné jednotky je na individuálním rozhodnutí každého klienta. Elektrická instalace vozidla Solaris Urbino III je založená na systému CAN-Bus, který významně omezuje celkový počet elektrických rozvodů použitých

v autobuse. Navíc tento systém prodlužuje životnost a zvyšuje bezporuchovost celé elektrické instalace ve vozidle.

Testy

Autobusy Solaris Urbino jsou podrobovány mnoha technickým testům, jejichž cílem je ověření technických, užitkových a technologických vlastností, a odolnosti konstrukce vozidel. V rámci testů, které probíhají na zkušebních trenažérech firem DAF, Wabco a TATRA, jsou vozidla podrobovány mj. testovacím jízdám po dlažbě (kočičích hlavách) při rychlosti 50 km/h, jízdám po trase vyprofilované ve tvaru vlny, jízdě na vozovce s 18-ti stupňovým úhlem sklonu, při absolvování tisíců zatáček a prudkých brzdění. Celková délka testovacích jízd se rovná 1.000.000 km, co odpovídá běžnému počtu kilometrů provozovaného vozidla, neboli 10-ti letům provozování autobusu při běžných provozních podmínkách.



Zdroj [7]

Obrázek 7 - Solaris Urbino 12M

[7]

Tabulka 21 - Technické údaje SU-12

Délka:	12 000 mm
Šířka:	2 550 mm
Výška:	3 050 mm
Rozvor náprav:	5 900 mm
Celková provozní hmotnost:	11 280 kg
Počet míst k sezení/stání:	34/65
Minimální výška podlahy:	320 mm
Max. rychlost:	80 km/hod
Typ motoru:	DAF PR 183 S2

Zdroj [7]

Solaris Urbino 18M



Zdroj [7]

Obrázek 8 - Solaris Urbino 18M

Tabulka 22 - Technické údaje SU-18

Délka:	18 000 mm
Šířka:	2 550 mm
Výška:	3 050 mm
Rozvor náprav:	6 130/ 6 770 mm
Celková provozní hmotnost:	16 010 kg
Počet míst k sezení/stání:	45/127
Minimální výška podlahy:	320 mm
Max. rychlost:	80 km/hod
Typ motoru:	DAF PR 228 S2

Zdroj [7]

[7]

7 Závěr

V úvodních kapitolách diplomové práce se věnuji obecným podmínkám obnovy vozidlového parku, a to z pohledu etap životního cyklu vozidla zobrazeném vanovou křivkou. Dále se věnuji teoretickému popisu metody exponenciálních trendů. Tato metoda je založena na předpokladu, že autobus bude vyřazen dříve než náklady, které budou do autobusu vloženy, přesáhnou hodnotu autobusu danou jeho pořizovací cenou, která se dobou v provozu snižuje. Z důvodu problémů popsanych v práci jsem musel tuto metodu upravit tak, abych ji mohl použít na data, která jsem získal od DPO a.s. Při analýze vozidlového parku jsem vzhledem k získaným datům a velkému počtu vozidel Karosa, zavedl průměrný autobus Karosa. Po vyhodnocení výpočtu pomocí metody exponenciálních trendů musím konstatovat, že vozidla Karosa u DPO a.s. jsou zastaralá. Současná praxe spočívá v tom, že autobusy slouží až do ukončení svého technického života, nebo jsou prodávány staré a často nepojízdné do zahraničí (na Ukrajinu), kde po opravách tyto autobusy dále slouží cestujícím.

V rámci obnovy vozidlového parku značky Karosa jsem vzhledem k pořizovací ceně vozidel Iveco Citelis a Solaris Urbino, vybral pro nákup v roce 2011 nízkopodlažní vozidla značky Solaris urbino 12 v délce 12 metrů. DPO a.s. si může vybrat ze čtyř možností financování nákupu 20 vozidel v roce 2011. Mnou vypočítaná nejvýhodnější možnost nákupu v roce 2011 je za přispění dotace z evropských fondů. V závěru práce je uveden stručný popis vozidel Solaris Urbino.

8 Seznam obrázků, tabulek a grafů

Obrázek 1 - Ilustrace dělby nákladů LCC	14
Obrázek 2 - Schéma nákladů na spolehlivost	15
Obrázek 3 - Ilustrace průběhu intenzity poruch - vanová křivka	16
Obrázek 4 - Průběh celkové hodnoty, zůstatkové ceny a nákladů na údržbu vozidla	18
Obrázek 5 - Normální rozdělení – $f(t)$	20
Obrázek 6 - Normální rozdělení - pravidlo σ	21
Obrázek 7 - Solaris Urbino 12M	53
Obrázek 8 - Solaris Urbino 18M	54
Tabulka 1 - Vozidlový park DPO a.s.	30
Tabulka 2 - Náklady na údržbu v letech a kumulativně průměrného autobusu Karosa	34
Tabulka 3 - Odpisový plán 2010	35
Tabulka 4 - Meziroční nárůst cen	37
Tabulka 5 - Hodnoty přepočítávacího koeficientu k_{ef}	39
Tabulka 6 - Náklady průměrného autobusu Karosa	40
Tabulka 7 - Odpisy vozidla 4290	41
Tabulka 8 - Výpočet doby vyřazení	42
Tabulka 9 - Optimální doby vyřazení	43
Tabulka 10 - Horní hranice doby vyřazení TH autobusu Karosa B 961	43
Tabulka 11 - Horní hranice doby prodeje autobusů	45
Tabulka 12 - Vyřazení - prodej autobusů Karosa B 961	45
Tabulka 13 - Vyřazení - prodej sledovaných autobusů Karosa	46
Tabulka 14 - Vyřazování vozidel DPO a.s. v období pěti let	47
Tabulka 15 - Možnosti nahrazení novými vozidly a jejich ceny	47
Tabulka 16 - Počty vozidel a kalendářní rok, ve kterém mají být vozidla vyřazena	48
Tabulka 17 - Náklady na obnovu vozidel v jednotlivých letech	48
Tabulka 18 - Ukázka dotace s evropských fondů a ze státního rozpočtu pro plán 2011	49
Tabulka 19 - Finanční leasing plánu 2011	50
Tabulka 20 - Srovnání nákupu vozidla - plán 2011	51
Tabulka 21 - Technické údaje SU-12	53
Tabulka 22 - Technické údaje SU-18	54

Graf 1 - Početní stav vozů DPO a.s.	12
Graf 2 - Průměrné stáří vozidel	30
Graf 3 - Průměrné roční náklady na vozidlo	31
Graf 4 - Průměrné roční kilometrické proběhy na vozidlo	31
Graf 5 - Exponenciální průběh kumulativních nákladů na údržbu průměrného autobusu Karosa	34
Graf 6 - Průběh kumulativních nákladů na údržbu průměrného autobusu Karosa	41
Graf 7 - Pokles ceny autobusu ev. č. 4290	42
Graf 8 - Měsíční náklady	51

9 Seznam použité literatury

- [1] DANĚK A., FAMFULÍK J., ŠIROKÝ J. *Výpočetní metody obnovy dopravních prostředků*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava. 2000. SBN 80-86122-41-7.
- [2] LITSCHMANNOVÁ M.: *Úvod do statistiky*. VŠB – TU Ostrava, 2011, 331s.
Dostupné na: http://mi21.vsb.cz/sites/mi21.vsb.cz/files/unit/uvod_do_statistiky.pdf.
- [3] ČERVENÁ R., FILIPOVÁ J.: *Odpisový plán 2010*. Norma. Dopravní podnik Ostrava a.s., 2010, 5s.
- [4] Famfulík J., Míková J., Široký J.: *Theory of Damage Quantification Methods at Rail Vehicle Disservice*. In: Logitrans 2007.
- [5] Famfulík J., Míková J., Krzyżanek R.: *Teorie údržby*, VŠB – TU Ostrava, 2007, 1. vydání, 237 s. ISBN 978-80-248-1509-1, dostupné na: <http://home1.vsb.cz/~krz011/>.
- [6] *Vozidlový park Dopravní podnik Ostrava*. [online]. [cit. 2011-01-13]. Dostupné na: <http://www.dpo.cz/vozy/autobusy.htm>.
- [7] *Solaris Urbino 12M, 18M*. [online]. [cit. 2011-04-05]. Dostupné na: <http://www.solarisbus.pl/cz/urbino.html>.
- [8] *Leasingová kalkulačka* [online]. [vyp. 2011-03-28]. Dostupné na: <http://www.vypocitat.cz/vypocet/leasingova-kalkulacka/>.
- [9] *Index cen průmyslových výrobců*. [online]. [cit. 2011-01-27]. Dostupné na: <http://www.kurzy.cz/makroekonomika/index-cen-prumyslovych-vyrobcu/>.
- [10] *Soupis hmotného investičního majetku*. Dopravní podnik Ostrava a.s., 2010.
- [11] Interní dokumenty DPO a.s.
- [12] Interní sdělení: Růžena Venclíková-ekonom; Bc. Jana Vozníková-Daně.

10 Seznam příloh

Příloha A - Popis autobusů Karosa řady B 700, 900 a Citelis

Příloha B - Stáří vozidel dle typu vozidla

Příloha C - Roční náklady na ú

Příloha D - Seznam autobusů Karosa

Příloha E - Výpočet dalších typů autobusů Karosa

Příloha F - Seznam autobusů Karosa s datem prodeje

Příloha G - Základní podmínky pro čerpání dotace v roce 2010

Příloha H - Pravidla pro poskytování dotací ze státního rozpočtu v rámci programu
obnovy vozidel veřejné autobusové dopravy v roce 2010

Příloha I - Výhodnost použití druhu dotace

Příloha J - Průběh leasingových splátek